

Universitat de Lleida  
Escola Politècnica Superior

# **HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO**

ZONA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER

Alumne: Eduard Zafra Bosch

Tutor/a: Lúdia Rincon Villarreal

Titulació: Grau en Arquitectura Tècnica

Data: Setembre 2015

## RESUM

El treball presentat a continuació, es tracta d'un projecte executiu per fer la construcció d'un habitatge amb el sistema constructiu Earthbag o Superadobe al solar Emsimision Training Medical Center, situat a la capital de Burkina Faso, exactament al districte de Boulmiogou.

Primerament, s'estudia i s'analitza la climatologia del país obtenint les temperatures mitjanes anuals, el vent, les precipitacions i les hores de sol a la ciutat de Ouagadougou. S'analitza detalladament les dades meteorològiques de dues setmanes en l'objectiu de fer un estudi més precís.

A continuació, es fa una recerca i s'explica els tipus d'arquitectura vernacular que hi ha per tot el país, anomenant a les diferents famílies (tribus), explicant els seus sistemes constructius. Un punt molt interessant, ja que són construccions fetes a través dels recursos naturals obtinguts del seu abast.

Deixant de banda aquestes construccions pròpies dels país, es parla de dos arquitectes referents al país, que avui dia estan fent projectes molt interessants: el Francis Kéré arquitecte nascut a Burkina Faso i l'Albert Faus arquitecte nascut a Barcelona. S'expliquen alguns dels seus projectes executats a Burkina Faso, utilitzant materials propis del país.

A la memòria descriptiva del treball, s'expliquen tots els antecedents del Emsimision Training Medical Center, analitzant totes les feines fetes fins al dia d'avui i tots els treballs previs que es van fer durant el 6 d'abril fins al 19 d'aquest mes del 2015. S'explica el sistema constructiu del Superadobe i tots els paràmetres a tenir en compte per fer una construcció d'aquest tipus.

Finalment, s'explica detalladament tot el procés constructiu que tindrà lloc durant la primera fase de construcció a la zona residencial del Training Medical Center. El disseny s'ha basat segons les lleis fonamentals que l'arquitecte iraní, Nader Khalili que va desenvolupar i els recursos naturals que es poden obtenir de primera mà i en materials de poc impacte ambiental, donant lloc a una construcció ecològica i sostenible.

Aquesta primera construcció que es farà al solar del TMC, està previst que s'executi durant els mesos de novembre, desembre i gener del 2015-2016.

## OBJECTIU

L'objectiu d'aquest treball és construir un habitatge amb el sistema constructiu Earthbag o Superadobe al solar Emsimision Training Medical Center (TMC) a la capital de Burkina Faso, destinat a un ús residencial per a la gent cooperant que vagin a treballar al TMC. El primer ús que se li donarà serà de oficina + bany, per al secretari d'Emsimision local del país, Issiaka Ouedraogo.

S'analitzarà constructivament, socialment i econòmicament el sistema com a vivenda d'emergència i valorar la viabilitat d'aquest en projectes de cooperació a l'Àfrica.

Finalment, s'analitzaran els resultats obtinguts durant l'execució de la obra i ús de l'habitatge per millorar el confort i el sistema final.

## AGRAÏMENTS

En primer lloc, voldria agrair a la Lúdia Rincón Villarreal (directora del projecte) per oferir-me a desenvolupar aquest treball final de grau, per fer la construcció d'un habitatge Earthbag a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou. Em va presentar aquest sistema constructiu que desconeixia totalment i em va convèncer per fer un taller d'autoconstrucció de Superadobe impartit per l'empresa Domoterra a la UDL.

Destacar als membres de Domoterra: Quique Salgado i Bàrbara Mas, per formar-me sobre aquest sistema constructiu durant el taller realitzat a la Universitat de Lleida. Donar les gràcies a tots els consells que m'han donat sobre aquest treball i les tutories realitzades a Vallderobles. Un lloc que recomano a tothom que estigui interessat amb el Superadobe, és visitar l'escola formada a Monroyo.

Agrair també al Josep Ramon Castro, tot un expert sobre el càlcul d'estructures de l'edificació, per ensenyar-me el funcionament estructural del Superadobe i poder desenvolupar les parts més tècniques del treball.

Finalment, donar-li les gràcies al David Armadà, secretari d'Emsimision, per viatjar junts al lloc de treball, Ouagadougou. Ell em va explicar quina vida tenen la gent burkinesa i la seva cultura, un punt molt important per haver desenvolupat aquest treball i especialment conèixer la capital.

## ÍNDEX

OBJECTIU.....	2
AGRAÏMENTS.....	2
ÍNDEX .....	3
1.- OBJECTE DEL PROJECTE .....	12
2.- ENTITATS COL·LABORADORES.....	12
2.1.- Fundació Lleida Solidària .....	12
2.2.- Emsimision.....	13
2.3.- Domoterra Superadobe.....	13
2.4.- Escola Politècnica Superior de Lleida (EPS) .....	14
3.- BURKINA FASO I ELS SEUS ENTORNS .....	15
3.1.- El lloc de treball: Ouagadougou .....	15
3.2.- La problemàtica del país .....	17
3.3.- Meteorologia .....	19
3.3.1.- Clima .....	19
3.3.2.- Dades climatològiques a Ouagadougou .....	20
3.3.3.- Els moviments de masses d'aire.....	27
3.4.- Arquitectura vernacular a Burkina Faso.....	29
3.4.1.- La casa vernacular a les sabanes de Burkina Faso .....	29
3.4.2.- Les mesquites de Burkina Faso.....	36
3.5.- Arquitectes referents al país.....	38
3.5.1.- Diébédo Francis Kéré .....	38
3.5.2.- Albert Faus .....	44
4.- MEMÒRIA DESCRIPTIVA.....	54
4.1.- Situació i Emplaçament.....	56
4.2.- Antecedents .....	58
4.2.1.- Implantació i producció dels blocs de terra comprimits .....	59
4.2.2.- Construcció del mur perimetral del TMC .....	63



4.3.- Estat actual del Training Medical Center .....	65
4.4.- Projecte bàsic del Training Medical Center .....	66
4.5.- Descripció de la proposta constructiva .....	67
4.6.- Construcció amb sacs de terra.....	69
4.6.1.- Breu història de la tècnica constructiva .....	69
4.6.2.- La fonamentació .....	70
4.6.3.- Els sacs .....	71
4.6.4.- Murs .....	73
4.6.5.- Obertura de forats.....	74
4.6.6.- Instal·lacions.....	75
4.6.7.- Cobertes .....	75
4.6.8.- Acabats .....	76
4.7.- Tècnica constructiva del Superadobe o Earthbag .....	77
4.7.1.- Composició del sòl.....	77
4.7.2.- Assajos sobre el terreny .....	79
4.7.3.- Estabilitzants .....	81
4.7.4.- Fonamentació i drenatge .....	86
4.7.5.- Sistemes passius de climatització.....	87
4.7.6.- Regles de disseny .....	88
4.7.7.- Arrebossats .....	89
5.- MEMÒRIA CONSTRUCTIVA.....	92
5.1.- Objectius i resultats esperats .....	93
5.1.1.- Objectiu general.....	93
5.1.2.- Objectius específics.....	93
5.1.3.- Resultats esperats generals.....	93
5.1.4.- Resultats esperats específics .....	93
5.2.- Treballs previs a la construcció .....	94
5.2.1.- Normativa facilitada .....	95

5.2.2.- Compra de materials.....	98
5.3.- Primera fase de la construcció .....	105
5.3.1.- Primera ampliació de la 1 <sup>a</sup> unitat residencial.....	106
5.3.2.- Segona ampliació de la 1 <sup>a</sup> unitat residencial .....	106
5.4.- Sanejament.....	107
5.5.- Col·locació dels compassos .....	108
5.6.- Fonamentació .....	108
5.7.- Sacs transpirables de polipropilè.....	110
5.8.- Filferro de 4 pues .....	110
5.9.- Composició de la terra del Training Medical Center .....	111
5.10.- Solera.....	112
5.11.- Murs estructurals.....	114
5.12.- Contraforts .....	114
5.13.- Coberta .....	115
5.14.- Revestiment .....	115
5.15.- Portes.....	116
5.16.- Finestres .....	116
5.17.- Electricitat .....	118
5.18.- Aigua.....	118
5.19.- Seguretat i salut .....	118
6.- ANÀLISI ESTRUCTURAL.....	120
6.1.- La geometria de l'arc.....	120
6.2.- Forces amb una llinda recta .....	120
6.3.- Estudi del contrafort, regla de Derand .....	120
6.4.- Funcionament estructural.....	121
6.5.- Càlculs dels contraforts amb estàtica gràfica .....	121
7.- ASPECTES BIOCLIMÀTICS .....	126
7.1.- Els climes de latituds baixes: Arquitectura en climes càlids i secs.....	126

7.2.- Vegetació a Burkina Faso .....	127
7.2.1.- Flamboyant (Delonix Regia).....	128
7.2.2.- Acàcia.....	129
7.2.3.- Mango .....	130
7.3.- Doble coberta de fusta .....	131
8.- AMIDAMENTS.....	132
9.- PRESSUPOST .....	134
10.- ANNEXES .....	136
10.1.- Diari del viatge a Ouagadougou (6 al 19 d'abril, 2015) .....	136
10.1.1.- Dilluns, 6 d'abril .....	136
10.1.2.- Dimarts, 7 d'abril.....	136
10.1.3.- Dimecres, 8 d'abril .....	136
10.1.4.- Dijous, 9 d'abril .....	137
10.1.5.- Divendres, 10 d'abril .....	138
10.1.6.- Dissabte, 11 d'abril .....	138
10.1.7.- Diumenge, 12 d'abril .....	139
10.1.8.- Dilluns, 13 d'abril .....	139
10.1.9.- Dimarts, 14 d'abril.....	139
10.1.10.- Dimecres, 15 d'abril .....	139
10.1.11.- Dijous, 16 d'abril .....	140
10.1.12.- Divendres, 17 d'abril .....	140
10.1.13.- Dissabte, 18 d'abril .....	140
10.1.14.- Diumenge, 19 d'abril .....	141
10.2.- Reportatge fotogràfic.....	142
11.- BIBLIOGRAFIA.....	155
12.- PLÀNOLS.....	156
12.1.- Plànols del procés constructiu .....	156

## ÍNDEX IMATGES

imatge 1: Mapa de l'Àfrica Occidental.....	15
Imatge 2: Situació de Burkina Faso .....	15
Imatge 3: Districtes de Ouagadougou.....	16
Imatge 4: Zones climàtiques del món.....	19
Imatge 5: Temperatures del continent Africà.....	20
Imatge 6: Vents dominants a tot el món.....	27
Imatge 8: El vent Harmattan a Ouagadougou .....	28
Imatge 7: El Harmattan a l'Àfrica.....	28
Imatge 9: Poble animista de la ètnia Bobo .....	30
Imatge 10: Terrassa de les cases de Bobo .....	31
Imatge 11: Les cases dels Lobis, zona per assecar els grans.....	32
Imatge 12: Tiébélé, decoració exterior de les cases dels Gurunsi.....	33
Imatge 13: Entrada als nuclis de les habitacions dels Gurunsi.....	34
Imatge 14: Coberta de troncs i rames a les cases dels Gurunsi.....	35
Imatge 15: El poblat dels Gurunsi, Tiébélé.....	35
Imatge 16: La mesquita de Bobo-Dioulasso.....	36
Imatge 17: La mesquita de Ouahabou .....	37
Imatge 18: Francis Kéré.....	38
Imatge 19: Escola de primària a Gando.....	39
Imatge 20: Plànols dels alçats de l'escola de Gando .....	40
Imatge 21: Vista longitudinal de l'escola de Gando .....	40
Imatge 22: Plànol de la ventilació i protecció solar de l'escola de Gando.....	41
Imatge 23: Vista transversal de l'escola de Gando.....	41
Imatge 24: Espai obert de l'escola de Gando.....	41
Imatge 25: Allotjaments per a docents a Gando.....	42
Imatge 26: Escola d'educació secundària de Dano.....	43
Imatge 27: Albert Faus.....	44

Imatge 28: Centre d'integració escolar, professional i esportiu (Rimkieta) .....	45
Imatge 29: Classe amb els nens a Rimkieta .....	46
Imatge 30: Vestidor de l'escola de Rimkieta.....	46
Imatge 31: Vista transversal de l'escola de Rimkieta .....	46
Imatge 32: Biblioteca Katiou .....	47
Imatge 33: Il·luminació interior de la biblioteca Katiou.....	48
Imatge 34: Mòduls de les finestres de la biblioteca Katiou .....	48
Imatge 35: Planta distribució de l'orfenat Kisito a Ouagadougou.....	50
Imatge 36: Seccions longitudinals de l'orfenat Kisito a Ouagadougou.....	50
Imatge 37: Mur exterior amb la pedra "Kayu" de l'orfenat Kisito.....	51
Imatge 38: Vista posterior de l'orfenat Kisito a Ouagadougou .....	52
Imatge 39: Mosquitera feta per dones burkineses.....	53
Imatge 40: Coberta de xapa amb les seves canals pertinents .....	53
Imatge 41: Arrebossat de la paret per les dones burkineses.....	53
Imatge 42: Situació i Emplaçament de Burkina Faso, Ouagadougou.....	56
Imatge 43: Localització del districte de Boulmiougou .....	56
Imatge 44: Situació del Training Medical Center al districte de Boulmiougou.....	57
Imatge 45: Parcel·la del Training Medical Center.....	57
Imatge 46: Neteja i anivellament del TMC amb la retroexcavadora.....	59
Imatge 47: Formació teòrica per la producció dels blocs de terra comprimits .....	60
Imatge 48: Màquina Hydraform per la producció dels BTC's.....	60
Imatge 49: Instal·lació de la tenda de campanya i construcció de la rampa .....	61
Imatge 50: Posada en marxa de la màquina Hydraform i execució d'un mur de prova.....	61
Imatge 52: Producció i emmagatzematge de tots els BTC's .....	62
Imatge 51: Bloc de terra comprimit .....	62
Imatge 53: Ramiro fent l'assaig als BTC's i un equip topògraf comprovant les cotes del terreny .....	63
Imatge 54: Execució de la fonamentació del mur perimetral al TMC .....	64

Imatge 55: Execució del pilar de formigó armat .....	64
Imatge 57: Plànol de la planta del solar amb cotes (cotes en metres).....	65
Imatge 56: Estat actual del Training Medical Center .....	65
Imatge 58: Vista de la fondària del mur de BTC.....	66
Imatge 59: Projecte bàsic del Training Medical Center .....	66
Imatge 60: Modificació del projecte bàsic.....	68
Imatge 61: Àrea residencial amb el sistema constructiu Earthbag al TMC .....	68
Imatge 62: Rasa circular per la fonamentació amb drenatge en pedres.....	70
Imatge 63: Sac de polipropilè transpirable .....	71
Imatge 64: Compactació del sac i col·locació del filferro de 4 pues.....	72
Imatge 65: Col·locació del plàstic impermeabilitzant.....	73
Imatge 66: Col·locació de finestres amb forma d'arc i finestres quadrades amb llandes de fusta.....	74
Imatge 67: Tub d'extracció de fums i Tubs de PVC per fer el pas d'instal·lacions .....	75
Imatge 68: Pintura amb pigments naturals.....	76
Imatge 69: Assaig per decantació del sòl.....	79
Imatge 70: Dibuix d'una vara per la fonamentació.....	81
Imatge 71: Mides dels sacs de polipropilè un cop compactats .....	88
Imatge 72: Col·locació de l' impermeabilitzant a la cella de la finestra (dom de la UDL) .....	91
Imatge 73: Mme Bado, delegada de Fisa Burkina.....	101
Imatge 74: Empresa Fasoplast a Burkina Faso.....	101
Imatge 75: Lloguer de bastides a la capital de Ouagadougou .....	102
Imatge 76: Planta distribució de la primera fase de construcció.....	105
Imatge 77: Planta distribució de la 1ª ampliació de la unitat residencial .....	106
Imatge 78: Planta distribució de la 2ª ampliació del primer mòdul residencial al TMC .....	107
Imatge 79: Rases circulars per fer la fonamentació de la construcció .....	108
Imatge 80: Detall de la fonamentació amb la pedra "Kayu" .....	109

Imatge 81: Col·locació del plàstic impermeabilitzant.....	109
Imatge 82: Sac de polipropilè de 45 cm compactat.....	110
Imatge 83: Filferro de 4 pues, subministrat en rotlle.....	110
Imatge 84: Assaig per decantació de la terra del TMC.....	111
Imatge 85: Acumulació d'aigua a la zona dels doms degut a pluges torrencials .....	112
Imatge 86: Solera interior del dom .....	113
Imatge 87: Solera exterior als doms.....	113
Imatge 88: Arrebossat amb argiles laterítiques .....	116
Imatge 89: Finestra rodona, tipus 1.....	117
Imatge 90: Finestra rodona, tipus 2.....	118
Imatge 91: Línia de “empuje” per el mètode d'estàtica gràfica .....	122
Imatge 92: Tantejos per aconseguir la línia de “empuje” final .....	124
Imatge 93: Càlcul de la línia de “empuje” .....	124
Imatge 94: Força de tracció a la part superior de la cúpula .....	125
Imatge 95: Flamboyant .....	128
Imatge 96: Flamboyant amb sòco .....	128
Imatge 97: Arbre Acàcia .....	129
Imatge 98: Fulla de l'arbre Acàcia.....	129
Imatge 99: Arbre mango .....	130
Imatge 100: Fruita mango.....	130
Imatge 101: Ventilació amb la doble coberta .....	131
Imatge 102: Eines i material a dintre el container.....	133

## ÍNDEX TAULES

Taula 1: Temperatures màximes i mínimes i precipitacions a la ciutat de Ouagadougou .....	21
Taula 2: Classificació granulomètrica del sòl .....	77
Taula 3: Composició de la terra del TMC .....	111

## ÍNDEX GRÀFICS

Gràfic 1: Climatologia a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou .....	21
Gràfic 2: Corba de temperatura a Ouagadougou. ....	22
Gràfic 3: Temperatura detallada de Ouagadougou .....	23
Gràfic 4: Precipitació detallada de Ouagadougou .....	23
Gràfic 5: Previsió detallada del sol a Ouagadougou .....	24
Gràfic 6: Previsió detallada del vent a Ouagadougou .....	24
Gràfic 7: Previsió detallada de la direcció del vent a Ouagadougou .....	24
Gràfic 8: Humitat relativa detallada a Ouagadougou .....	25
Gràfic 9: Temperatura detallada de 15 dies a Ouagadougou .....	25
Gràfic 10: Vent detallat de 15 dies a Ouagadougou .....	26
Gràfic 11: Precipitacions detallades de 15 dies a Ouagadougou .....	26



## **1.- OBJECTE DEL PROJECTE**

El document presentat a continuació, pretén desenvolupar un projecte de construcció relacionat amb la Cooperació Internacional per al Desenvolupament en els camps de la recerca i de la transferència de coneixements. Aquest projecte serà executat amb la participació de la Fundació Lleida Solidària, ONGD del col·legi d'aparelladors de Lleida, l'Associació Cultural sense Ànim de Lucre Domoterra Superadobe i l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Lleida, en col·laboració amb la contrapart local EMSIMISION.

El lloc on s'implantarà aquesta construcció serà a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou, exactament a Boulmiougou, un dels districtes més pobres de la població i amb moltes carències de serveis.

## **2.- ENTITATS COL-LABORADORES**

### **2.1.- Fundació Lleida Solidària**

La Fundació Lleida Solidària està especialitzada en projectes de Cooperació al Desenvolupament en matèria de construcció i reconstrucció, tant a nivell internacional en els països empobrits, com en projectes de caire social i local. Als països del Sud, la Fundació Lleida Solidària treballa en edificacions públiques (hospitals i escoles), en habitatges (per a desplaçats per conflictes bèl·lics o com a conseqüència de desastres naturals), en reconstruccions i rehabilitacions d'edificis singulars i/o comunitaris per a la reactivació i promoció de l'economia, així com en infraestructures de dotació de serveis bàsics, com l'aigua. La Fundació Lleida Solidària també actua com una ONG de segon nivell, recolzant tècnicament la tasca social d'altres organitzacions del territori que es dediquen al treball amb col·lectius desfavorits i/o amb necessitats especials.

La tasca dels projectes de cooperació es complementa amb accions de sensibilització i formació a la ciutadania lleidatana sobre els drets humans, relacions Nord/Sud, la problemàtica general dels pobles i col·lectius empobrits i la lluita contra el racisme i la xenofòbia.

## **2.2.- Emsimision**

Emsimision és una organització de persones que col·laboren en accions humanitàries en països d'extrema pobresa, a través del voluntariat i l'acció mèdica professional.

Emsimision es dedica al treball de cooperació als països on hi ha un alt índex de pobresa. Es centren amb l'Àfrica Subsahariana, i especialment, en Burkina Faso. Creuen amb l'atenció i aplicació directa dels recursos, i els hi sembla fonamental que s'uneixin voluntaris i professionals del propi país. Emsimision garanteix que els projectes tinguin continuïtat i arribin a sostenir-se per ells mateixos.

La inspiració que els mou a actuar està íntimament lligada als valors cristians que defensen, que caracteritzen els inicis i fonaments de la organització. Actuen, doncs, per mostrar l'amor i la solidaritat que Jesús va transmetre en paraules i fets que es descriuen amb els evangelis. Al imitar la vida de Jesús suposa trencar les barreres religioses, culturals i ètniques. Per tant, Emsimision tampoc posa barreres a l'hora d'incloure amb els seus projectes a tot tipus de persones, tant en els equips de voluntaris com en els grups que reben ajuda, independentment de la seva ètnia, creences, sexe o edat.

## **2.3.- Domoterra Superadobe**

Domoterra és un equip de professionals dedicats a la bioconstrucció baix la tècnica de construcció amb sac continu de terra estabilitzada, més conegut amb el nom de Superadobe o Earth-Bag Building, així com l'ensenyament i difusió d'aquesta tècnica constructiva.

Enfoquen la seva formació i experiència al servei de totes aquelles persones que desitgin construir les seves vivendes baix els principis de l'arquitectura sostenible, de forma que resulten bondadoses amb la salut de qui viu amb elles i respectuoses amb el medi ambient.

Domoterra ofereix entre els seus serveis, el disseny, la legalització i construcció de cases ecològiques i bioclimàtiques d'arquitectura amb terra, mitjançant el sistema constructiu del Superadobe. També compta amb monitors diplomats amb la tècnica per l'institut d'Arts i Arquitectura amb Terra Cal-Earth de Califòrnia de l'any 2010.

Actualment, Domoterra té una àmplia experiència amb la formació del procés constructiu i ha ensenyat a moltes persones que avui dia ja s'estan fent la seva pròpia casa amb terra.

## 2.4.- Escola Politècnica Superior de Lleida (EPS)

El quinze de setembre del 2014 l'Escola Politècnica Superior de Lleida va iniciar un taller d'Autoconstrucció amb Superadobe (Earth-bag), impartit per Domoterra Superadobe. Amb aquest taller es van apuntar una quinzena d'alumnes de tot l'Estat Espanyol, interessats en aprendre aquesta tècnica constructiva ecològica que utilitza sacs tubulars plens de terra.

Aquest taller s'emmarca dins del projecte de cooperació internacional, coordinat per la Universitat de Lleida, en col·laboració amb la Fundació Lleida Solidària, Domoterra Superadobe, i finançat per l'ODEC (Oficina de Desenvolupament i Cooperació de la UDL).

El projecte té per objectiu construir un mòdul del centre mèdic Emsimision a la capital de Burkina Faso, amb el sistema de Superadobe o Earth-bag, amb el qual els alumnes inscrits al curs podran optar a beques per desplaçar-se a Ouagadougou i col·laborar en la seva construcció.

### Logos de les entitats



### 3.- BURKINA FASO I ELS SEUS ENTORNS

#### 3.1.- El lloc de treball: Ouagadougou

Burkina Faso és un país de l'Àfrica Occidental que limita al nord-oest amb Mali, al nord-est amb Níger, al sud amb Costa de Marfil, Ghana, Togo i Benín, per tant, Burkina Faso no té accés al mar.

El país es va independitzar de França el 5 d'agost del 1960 i la inestabilitat governamental durant les dècades de 1970 i 1980, va ser seguida de les eleccions multi partidàries a principis de la dècada del 1990. És un país en que cada any, milers de treballadors rurals emigren a Costa de Marfil i Ghana en busca de treball.



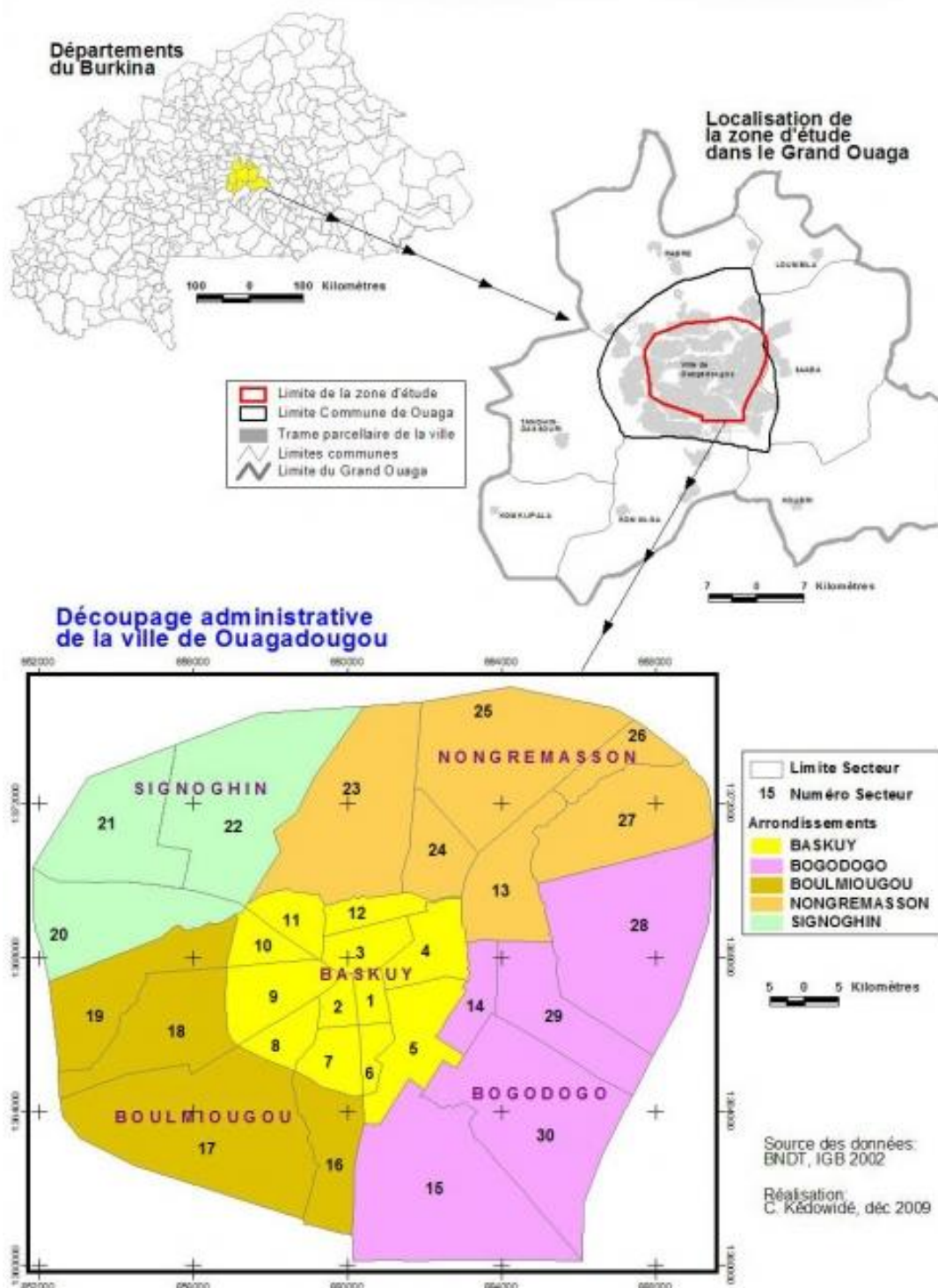
*imatge 1: Mapa de l'Àfrica Occidental*



*Imatge 2: Situació de Burkina Faso*

L'àrea d'estudi, abasta la ciutat de Ouagadougou, que està dividit en 30 sectors amb els cinc municipis que conformen la Comuna (en representació al departament) a Ouagadougou. A continuació es mostren tots els districtes que formen la capital de Burkina Faso. El projecte s'executarà al districte 17 de Ouagadougou, Boulmiougou.

### Zone d'étude : Ville de Ouagadougou



Imatge 3: Districtes de Ouagadougou

### 3.2.- La problemàtica del país

Al 2030, la població mundial s'incrementarà en tres mil milions de persones, el 95% als països en desenvolupament, per tant, la producció d'aliments haurà de duplicar-se, i els residus i efluents es quadruplicarà en les ciutats.

Tres mil milions de persones no tenen instal·lacions d'eliminació d'aigües residuals ni recollida d'escombreries, per tant, hi ha el repte de gestionar aquest impacte, en que serà especialment pronunciat a les regions de ràpida urbanització com ara l'Àfrica Subsahariana.

Una activitat que està involucrada en un entorn urbà de manera integrada en la lluita contra la pobresa i el sanejament ambiental és l'agricultura urbana, ja que és una font d'ingressos per a les persones desfavorides que empra, i contribueix a la consolidació de les ciutats que utilitzen residus reciclats com a fertilitzant. Ouagadougou no és immune a aquest problema, el desenvolupament territorial és parcialment controlat per les autoritats a causa del creixement de la població combinat amb un baix nivell de recursos adequats i la manca d'eines de planificació i gestió.

L'agricultura urbana és en aquesta ciutat, un sector particularment interessant. No obstant això, malgrat les seves importants funcions, pateix d'una falta de reconeixement i pes econòmic.

El context urbà i la competència territorial per a l'accés als recursos "de la terra i l'aigua" dona lloc a una sèrie de processos:

- La sobreexplotació de la terra.
- La saturació de l'espai.
- La degradació de l'ecosistema.
- La pressió de la terra.
- L'expropiació dels agricultors.

Tot això dona lloc a una naturalesa molt precària i en gran part informal d'aquest sector.

A Ouagadougou, l'agricultura urbana es va ampliar en la dècada de 1970 que es van veure obligats a la Reforma Agrària i de Terres en el 1996. Però malgrat aquesta manca de reconeixement, l'activitat continua propagant-se.

Aquesta presència més visible tot i la restricció regulatòria, mostra que l'agricultura urbana té funcions vitals i s'ha d'abordar amb un enfocament que es basa la manera pròspera i sostenible.

Actualment, Burkina Faso té una població de més de catorze milions de persones, en que la majoria de la població es concentra en el sud i el centre del país. La seva capital s'anomena Ouagadougou.

Boulmiougou és un dels districtes amb més pobresa de la capital de Burkina Faso i té tres zones ben diferenciades:

- La zona urbana.
- La zona periurbana.
- La zona rural.

La zona urbana i periurbana tenen una extensió de 110 km<sup>2</sup> i estan distribuïdes en quatre sectors (16, 17, 18, 19) i quatre pobles (Boassa, Sandogo, Zagtoui i Zongo).

El clima de la regió està caracteritzat per dos estacions, l'estació seca que va de novembre fins a abril, caracteritzada pel harmattan (vent sec amb pols) i l'estació humida o de pluges, que va des de maig a octubre, caracteritzada pels vents monsons. Aquestes condicions climàtiques, especialment en l'època de pluges, provoquen que proliferin les malalties respiratòries i parasitàries, principalment el paludisme i altres malalties hídriques com la febre tifoïdal, degut a l'estancament de les aigües.

Segons el cens poblacional del Institut Nacional d'Estadística Demogràfica (INSD) del 1996 i projectat al 2008, la població del districte de Boulmiougou seria de 457.798 habitants i d'aquests, el 45% tindria menys de 14 anys i el 18 % menys de 5 anys.

Les taxes de natalitat per al conjunt del país són de 45,2% per 1.000 (font enquesta demogràfica i de salut 2003 (EDS)). L'índex de mortalitat maternal per al districte de Boulmiougou, és de 21,96% per 100.000 i l'índex del conjunt del país és de 83 per 1.000 (EDS 2003). L'esperança de vida per al conjunt del país, segons fonts de l'OMS al 2002 era de 46 anys. El districte de Boulmiougou presenta índexs molt alts de morbiditat i mortalitat.

Les dades de mortalitat general del districte de Boulmiougou al 2007 (font DS/ Boulmiougou, oficina d'estadística) indiquen que les causes van ser: paludisme (40,45%), malalties respiratòries (19,74%), malalties de la pell (8,40%), malalties diarreiques (5,07%), altres afeccions digestives (4,60%), parasitosis intestinals (3,33%), afeccions oftalmològiques (2,19%), afeccions buco-dentals (1,62%), afeccions genitourinàries (1,22%), anèmia (0,58%), altres (12,8%). S'ha de destacar que la població més afectada per aquestes malalties és el grup dels nens menors de 5 anys.



De les malalties amb potencial epidèmic com la meningitis, rubèola, còlera, paràlisi flàccida aguda i febre groga, es fa un seguiment esmerat. S'ha de destacar la meningitis, que al 2007 va registrar 2.851 casos amb 128 morts (font DS/ Boulmiougou, Oficina d'Estadística). Respecte a les malalties amb interès especial com la lepra, tuberculosi i SIDA, al 2007 es va informar de 5 casos de lepra, 164 casos de tuberculosi i 570 casos de SIDA en tot el districte de Boulmiougou.

### 3.3.- Meteorologia

#### 3.3.1.- Clima

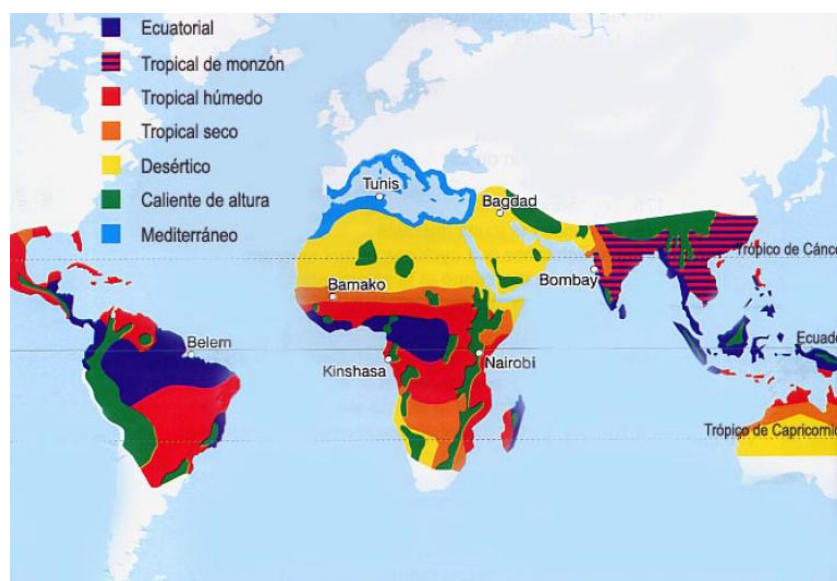
Els climes es defineixen en funció de la temperatura i la humitat. En funció de la temperatura es distingeixen 4 categories:

- Fred, per a temperatures mitges menors a 10 graus.
- Temperat, per a temperatures anuals compreses entre els 10 i els 20 graus.
- Calent, per a temperatures mitges anuals compreses entre els 20 i 30 graus.
- Molt calent, per a temperatures mitges anuals superior als 30 graus.

En funció de la humitat es distingeixen 2 categories:

- Sec, per a una humitat relativa inferior del 55%.
- Humit, per a una humitat relativa superior del 55%.

Els climes càlids es divideixen en varies zones climàtiques que inclouen el clima mediterrani i el règims climàtics de la franja tropical. A la següent imatge podem observar els diferents climes càlids que hi ha a tot el món.



*Imatge 4: Zones climàtiques del món*



Burkina Faso, es caracteritza per un clima sec tropical, definit per tres estacions: una estació seca, una estació de transició i una de pluges. L'amplitud tèrmica diürna és superior als 5 graus.

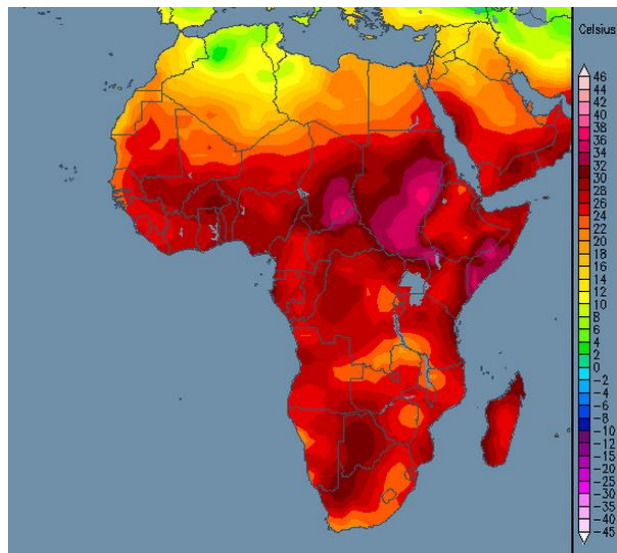
El clima tropical sec s'estén a ambdues parts de l'Equador de 10 a 15 graus de latitud nord i de 15 a 30 graus de latitud sud. És la zona anomenada sabana seca i aquest clima cobreix el nord de Mèxic, Burkina Faso, el centre de Austràlia, el nord-est de Namíbia i el Senegal.

Durant l'estació seca, la temperatura mitja anual oscil·la entre un mínim de 25 graus i un màxim de 45 graus. Amb l'estació de pluges, la temperatura oscil·la entre els 25 i 30 graus i la diferència de temperatura entre el dia i la nit és molt destacada, ja que hi ha un gran salt tèrmic, amb el qual la diferència de temperatura és de 7-10 graus durant l'estació plujosa i de 11-15 graus durant l'estació seca, aproximadament.

### 3.3.2.- Dades climatològiques a Ouagadougou

A continuació, es mostren unes gràfiques de les dades meteorològiques de Ouagadougou. Amb aquestes gràfiques podrem observar una previsió detallada i una altra amb una previsió de quinze dies durant el mes de març d'aquest any 2015.

Primerament, amb la imatge 5 podem observar la temperatura mitja de tot el continent Africà. Amb una escala de colors, podem veure les diferents temperatures de tots el països de l'Àfrica. Podem apreciar que els països del nord són els que tenen temperatures més baixes, en canvi, a la resta del continent, les temperatures són més altes.



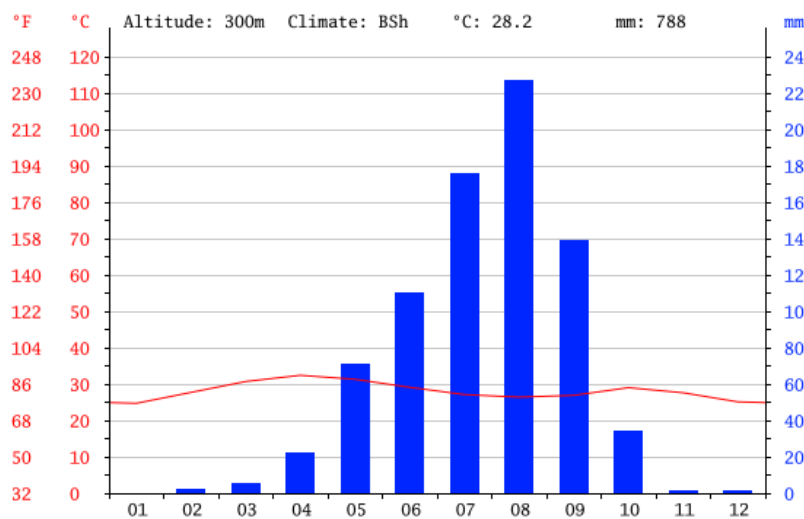
*Imatge 5: Temperatures del continent Africà*

Burkina Faso és un dels països on les temperatures són extremadament altes. Com podem observar amb la imatge 5, el país arriba sobre els 30 graus aproximadament al mes de març. Cal destacar que els mesos on les temperatures són més altes són els mesos de març, abril i maig.

### Dades climatològiques generals de Ouagadougou, Burkina Faso

A continuació, es mostra una taula amb les temperatures i precipitacions mitjanes de tot l'any a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou. Com podem observar, els mesos de juliol, agost i setembre són els que hi ha més pluges amb diferència, arribant a uns valors de 230 mm d'aigua el mes d'agost.

La línia vermella, ens indica la temperatura mitjana de tots els mesos de l'any arribant a un valor màxim de 35 °C el mes d'abril i una temperatura mitjana de tot l'any de 28,2 °C.



Gràfic 1: Climatologia a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou

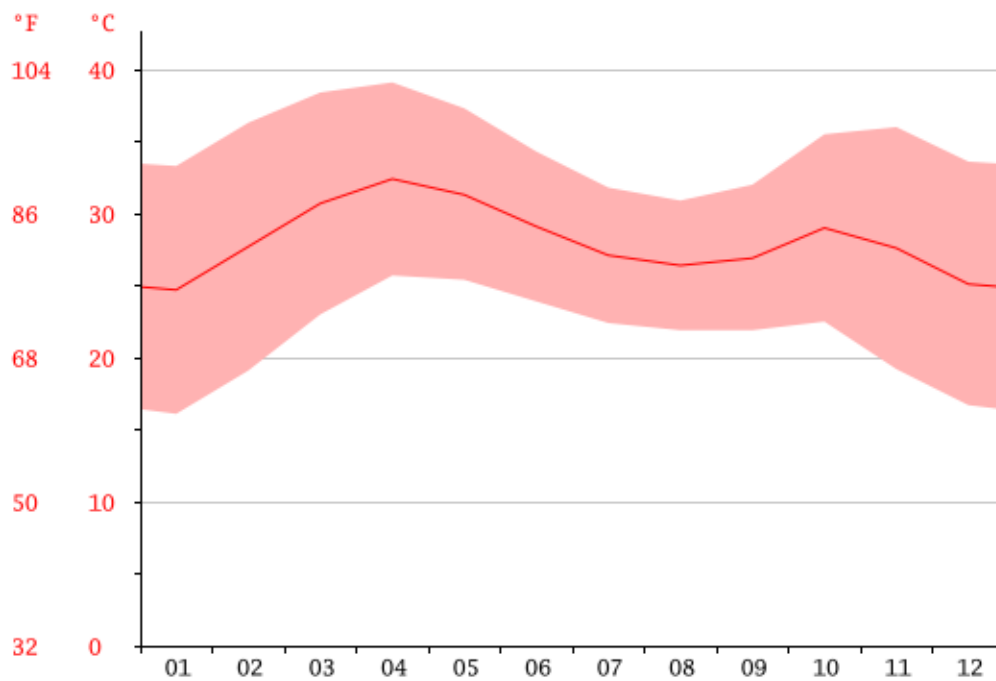
Tot seguit, podem veure les temperatures màximes i mínimes i les precipitacions de tot l'any a la població de Ouagadougou. Els valors de color blau ens indiquen les precipitacions i els de color vermell les temperatures.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	0	2	5	22	71	110	176	227	139	34	1	1
°C	24.7	27.7	30.7	32.4	31.3	29.1	27.1	26.4	26.9	29.0	27.6	25.1
°C (min)	16.1	19.1	23.0	25.7	25.4	23.9	22.4	21.9	21.9	22.5	19.2	16.7
°C (max)	33.3	36.3	38.4	39.1	37.3	34.3	31.8	30.9	32.0	35.5	36.0	33.6
°F	76.5	81.9	87.3	90.3	88.3	84.4	80.8	79.5	80.4	84.2	81.7	77.2
°F (min)	61.0	66.4	73.4	78.3	77.7	75.0	72.3	71.4	71.4	72.5	66.6	62.1
°F (max)	91.9	97.3	101.1	102.4	99.1	93.7	89.2	87.6	89.6	95.9	96.8	92.5

Taula 1: Temperatures màximes i mínimes i precipitacions a la ciutat de Ouagadougou

Finalment, s'indica un gràfic de la corba de temperatura de tot l'any a la ciutat de Ouagadougou, on s'aprecia com la temperatura comença a pujar progressivament el mes de febrer fins arribar a una màxima de gairebé 40 °C aproximadament el mes d'abril.

Els darrers mesos de l'any, la temperatura torna a baixar fins arribar a uns 27 °C aproximadament .

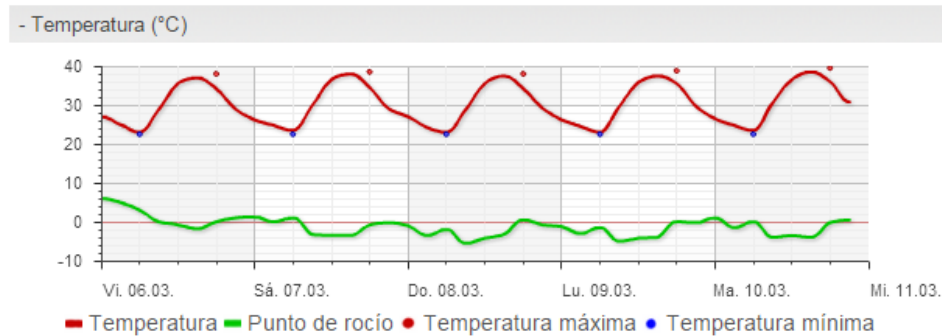


*Gràfic 2: Corba de temperatura a Ouagadougou.*

### Previsió detallada del 6 al 10 de març a Ouagadougou

A continuació, es mostra una previsió detallada del 6, 7, 8, 9 i 10 de març del 2015. Podrem observar les temperatures màximes i mínimes durant el dia, les precipitacions, les hores de sol, la força del vent, la direcció del vent i la humitat relativa.

#### Temperatura



*Gràfic 3: Temperatura detallada de Ouagadougou*

Amb el gràfic 3, podem observar que les temperatures màximes durant els dies són aproximadament sobre els 39 graus i les temperatures mínimes són aproximadament sobre els 23 graus, que s'agafen per la nit. Cal destacar el gran salt tèrmic que hi ha de la nit al dia. També podem veure la temperatura de rosada, que està entre els 0-5 graus, un fenomen impensable que passi durant aquest mesos.

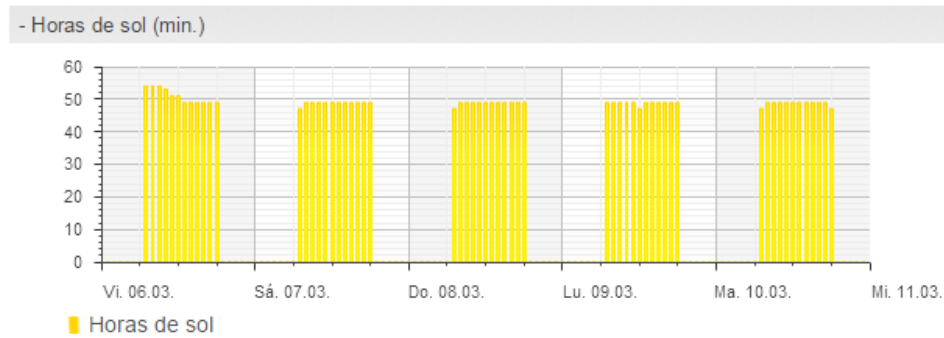
#### Precipitacions



*Gràfic 4: Precipitació detallada de Ouagadougou*

Com podem observar amb el gràfic 4, amb aquests dies del mes de març no hi ha pluges, ja que és la temporada més seca de l'any. L'estació de pluges comença més o menys al juny i dura fins al setembre. Amb aquesta època de l'any, l'aigua és escassa en molts indrets del país, sobretot a les zones rurals de la ciutat.

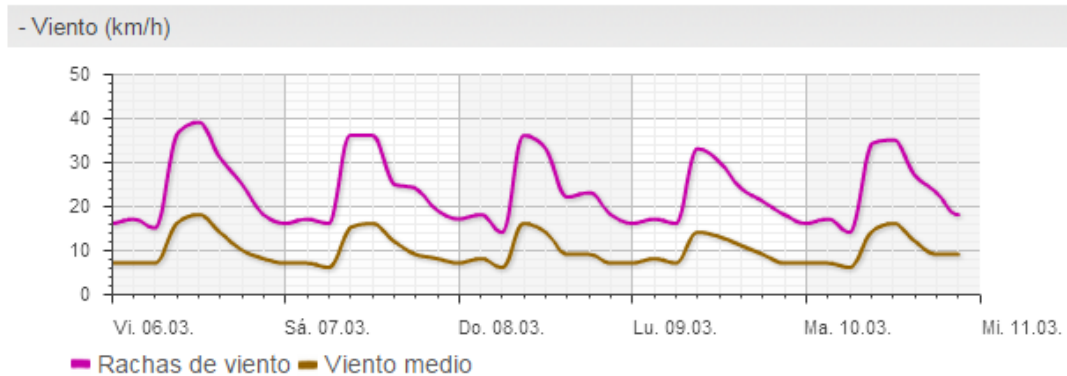
### Hores de sol



Gràfic 5: Previsió detallada del sol a Ouagadougou

Com veiem amb el gràfic 5, a Ouagadougou hi ha moltes hores de sol, ja que el sol surt aproximadament a les 6:30 i es pon a les 18:30. Cal destacar que, com el país està molt pròxim a l'equador, durant tot el dia, el sol es troba molt perpendicular a la superfície.

### Vent



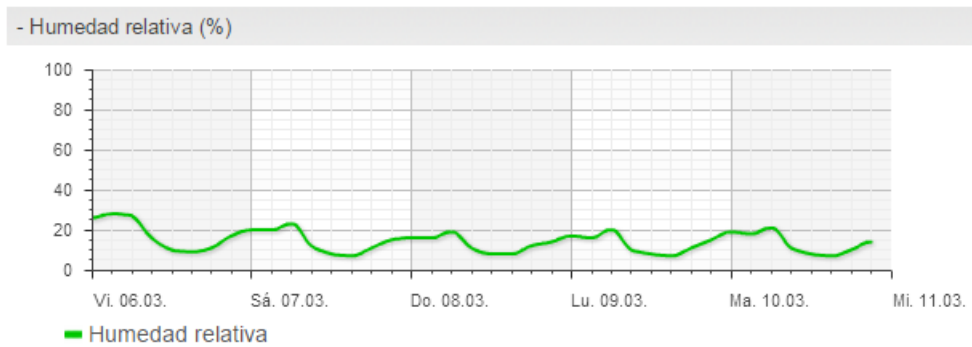
Gràfic 6: Previsió detallada del vent a Ouagadougou



Gràfic 7: Previsió detallada de la direcció del vent a Ouagadougou

Amb els gràfics 6 i 7, observem que hi ha ràfegues de vent durant tots els dies amb uns valors de 30 fins als 40 km/h. La direcció del vent casi sempre és de l'est o nord-est, amb el qual s'ha de vigilar amb el vent a Ouagadougou ja que molts cops pot ser molt perillós.

### Humitat relativa



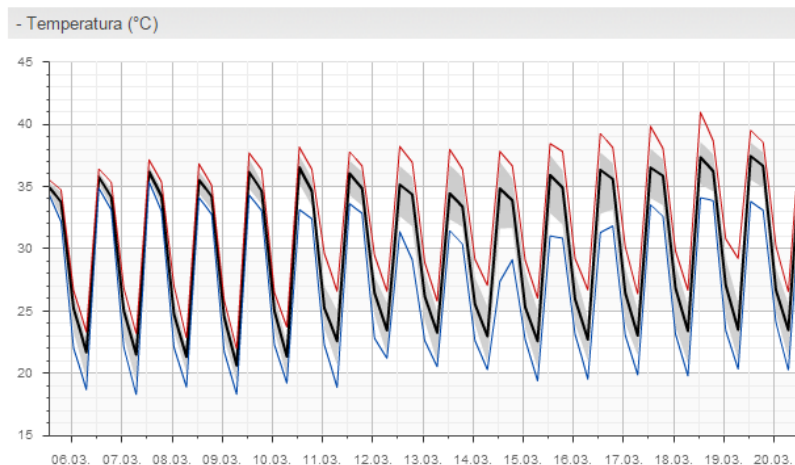
*Gràfic 8: Humitat relativa detallada a Ouagadougou*

Amb el gràfic 8, veiem que la humitat relativa està sobre el 20% de mitja durant tots els dies de la setmana.

### Previsió detallada a 15 dies a Ouagadougou

Tot seguit es mostraran diferents gràfics amb les dades meteorològiques del 6 al 20 de març de 2015, per tenir una referència sobre el clima a Ouagadougou durant aquest mes. Totes aquestes gràfiques són extretes de la pàgina [www.....](http://www.meteo.meteo.fr)

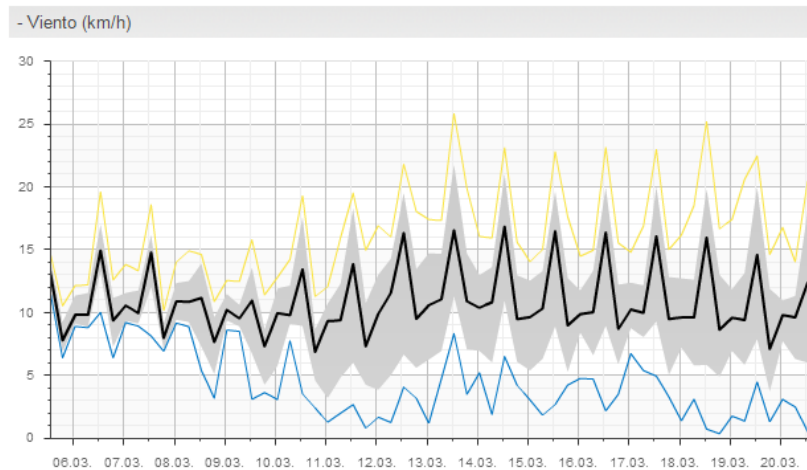
### Temperatura



*Gràfic 9: Temperatura detallada de 15 dies a Ouagadougou*

En el diagrama compost es veu la tendència de la temperatura per a les dues setmanes següents. La línia negra assenyalava el desenvolupament de temperatura més probable. La línia vermella i blava representen respectivament les variants més calents i més fredes. Com més ampla és la dispersió (superfície grisa) serà més incert el pronòstic.

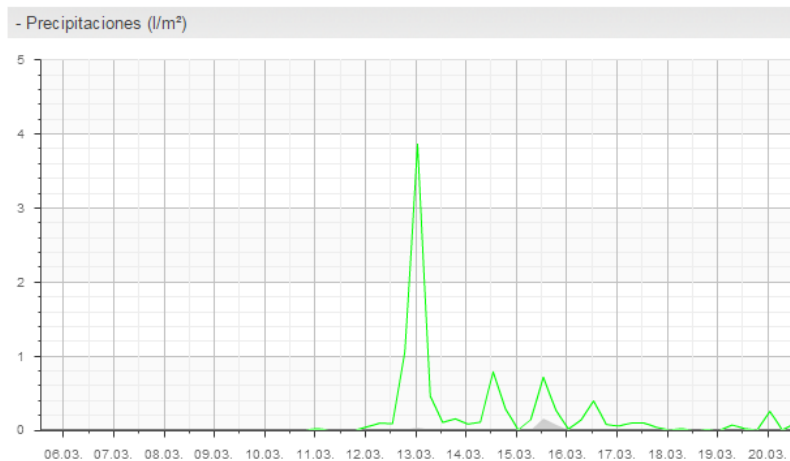
## Vent



Gràfic 10: Vent detallat de 15 dies a Ouagadougou

En el diagrama compost es veu la tendència del vent per a les dues setmanes següents. La línia negra assenyalava el desenvolupament del vent més probable. La línia blava i groga representen els valors extrems. Com més ample és la dispersió (superfície grisa) serà més incert és el pronòstic.

## Precipitacions



Gràfic 11: Precipitacions detallades de 15 dies a Ouagadougou

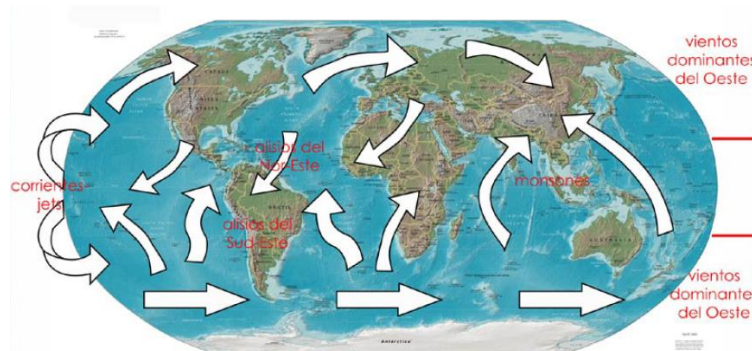
En el diagrama compost es veu la tendència de les precipitacions per a les dues setmanes següents. La línia negra assenyalava el desenvolupament de les precipitacions més probable. La línia verda i marró representen respectivament les variants més humides i més seques. Com més ample és la dispersió (superfície grisa) serà més incert és el pronòstic.



### 3.3.3.- Els moviments de masses d'aire

Les masses d'aire es desplacen de les zones fredes d'alta pressió a les zones calentes de baixa pressió. Aquests fluxos es desvien per la força de Coriolis, resultant de la rotació de la Terra.

Gran part de l'energia irradiada pel sol, és absorbida per l'atmosfera i pel sòl, amb el qual hi ha regions més exposades que altres. Tot cos escalfat en un punt, tendeix a repartir en tota la seva massa, el calor rebut. El sòl és un mal conductor, per el qual l'equilibri tèrmic no pot fer-se per conducció, per tant, els intercanvis tèrmics es realitzen essencialment per moviments de masses (aire i aigua). Aquesta redistribució de la energia genera vents que bufen sempre d'una zona d'alta pressió fins a una de baixa pressió.



*Imatge 6: Vents dominants a tot el món*

A la zona equatorial, la trobada de masses d'aire obliga a l'aire calent, que és més lleuger, a elevar-se i l'aire de les zones fredes és més pesat i baixa sobre les latituds de 30 graus. Aquesta cadena de circulació s'anomena "cèl·lula directa de Hedley". Es forma a la cintura equatorial, a una zona de baixa pressió. A nivell dels tròpics, una zona d'alta pressió engendra vents alisis.

Aquests vents sofreixen la influència de la rotació de la Terra i es desvia a la dreta a l'hemisferi nord i a l'esquerra en l'hemisferi sud, per les forces causades pel moviment de rotació de la Terra, anomenada força de Coriolis.

Amb aquests factors globals de distribució, s'agreguen factors locals: topografia del lloc, la relació de les superfícies d'aigua i terra, la rugositat,...

Els vents monsoònics resulten del desequilibri terrestre i marítim entre els dos hemisferis. A l'estiu el sòl es sobreescalfa més ràpid que l'oceà i es forma una zona de baixa pressió sobre el continent. Els vents bufen llavors de l'oceà fins al continent i es reserven durant l'hivern.



### El vent Harmattan

A Burkina Faso, un dels vents més característics i coneguts que ens trobem, és el vent Harmattan. Aquest és un vent alisi del nord-est, càlid, sec i polsegós que bufa des de finals de novembre fins a mitjans de març. Prové del cor del Sàhara i viatja cap el Atlàntic arribant a Golfo de Guinea.



*Imatge 7: El Harmattan a l'Àfrica*

Carregat de pols i sorra, el Harmattan pot arribar a enfosquir l'atmosfera durant diversos dies, afavorint les epidèmies de meningitis als països del Sahel.



*Imatge 8: El vent Harmattan a Ouagadougou*

### **3.4.- Arquitectura vernacular a Burkina Faso**

Tot seguit, s'explicarà el sistema constructiu de les edificacions de les tres ètnies que podem trobar a l'àrea geogràfica de Burkina Faso, amb diferents sistemes constructius molt tradicionals. Aquestes tribus habiten al sud i a l'oest del país.

#### **3.4.1.- La casa vernacular a les sabanes de Burkina Faso**

Al sud del desert del Sàhara es poden reconèixer varies zones geogràfiques en funció de la seva latitud i pluviometria. El Sahel (litoral, l'illa del desert), té unes precipitacions entre 100-250 mm/m<sup>2</sup>, encara que la majoria de la població ha seguit el tipus de vida nòmada fins a finals del segle XX, en aquesta zona es van crear ciutats de gran importància històrica dedicades al comerç de les caravanes. La següent zona és la Sabana, que té un règim de pluges concentrat a la època d'estiu, donant lloc a una població dedicada a l'agricultura, amb una collita anual.

De l'àrea geogràfica de Burkina Faso, es descriuran les cases de tres ètnies que habiten al sud i a l'oest del país: els Bobo, els Lobi i els Gurunsi. Totes tenen alguna característica en comú, ja que totes són cases amb distribució interior més o menys complexes i dotades de cobertes planes.

Les edificacions més tradicionals, característiques i destacables que ens trobem a Burkina són les cases circulars de teulada inclinada, utilitzades tradicionalment per les ètnies majoritàries: els Mossi, que ocupen el centre del país i els Gourmantché situats a l'est.

Les semblances són encara més grans entre les vivendes dels Bobo i els Lobi, als dos llocs la zona destinada a l'home és molt reduïda i està situada en planta alta. La seva tècnica constructiva es basa en murs de fang modelats a mà directament a l'obra, és a dir, que no s'usa cap element prefabricat d'adobe ni motlles o encofrats de fusta. Les teulades es construeixen amb materials llenyosos en que les bigues no recolzen sobre els murs, sinó que ho fan sobre troncs acabats amb forma de forquilla. Les persones que hi habiten es troben ben protegits dins del vestíbul de la seua casa, que tenen forma prismàtica amb cantonades arrodonides i acaben amb una obertura superior al nivell de la terrassa, on s'introdueixen les espigues de cereals un cop secades al sol.

La principal diferència existent, amb el àmbit arquitectònic entre aquestes ètnies, és la manera o forma d'ubicar les seues vivendes, formant petits pobles o aldees.

### La casa dels Bobo

La ètnia Bobo ocupa gran part del sud-oest de Burkina Faso i parlen un llenguatge del grup Mande, per tant, relacionat e influenciats amb els de Malí. Un dels pobles amb que es mantenen més vives les tradicions ancestrals animistes és Koumi, habitat per membres de Bwa o Bobooulé, que està rodejat per barrancs amb l'objectiu de defensa.

Les seves cases, amb coberta plana, s'adossen unes a altres formant assentaments compactes amb carrers estrets i places petites. Es construeixen amb argila vermellosa, posada a obra amb la mà, formant filades de 50 cm d'altura que van disminuint de gruix a mesura que van pujant, des de uns 40 cm a baix fins uns 25 cm a la part superior. L'argila es treu del mateix solar del que es farà l'edificació, amb el qual, el nivell del sòl està més a baix que el del carrer, normalment. A l'interior tenen un gran vestíbul que serveix com a sal d'estar, de treball, o inclús com a menjador per a les dones, amb que s'obrin les diferents habitacions de cada una d'aquestes. Quan mort el fundador de la casa, és enterrat en aquest vestíbul.

La il·luminació i ventilació de les sales de planta baixa, es realitza amb obertures de petites dimensions oberts a les teulades.



*Imatge 9: Poble animista de la ètnia Bobo*

En planta alta trobem un porxo i una o més habitacions reservades a l'ús exclusiu a l'home, amb accés des de l'exterior i des de la planta baixa amb escales mòbils, tallades amb troncs, o fixes, construïdes amb argila. Les terrasses són també d'argila, i la impermeabilitat es millora amb productes vegetals. Per fer l'evacuació d'aigües es realitza mitjançant gàrgoles molt llargues obtingudes de troncs foradats.

Per garantir la seguretat de la única paret de comunicació amb l'exterior és la porta d'entrada, que es protegeix amb una fulla de fusta. A més a més, en un lloc discret de

la planta baixa, aquestes cases solen tenir una porta secreta, és a dir, un lloc on el mur de fang té poc gruix i es pot trencar fàcilment des de l'interior com a sortida d'emergència.



*Imatge 10: Terrassa de les cases de Bobo*

A koumi hi ha coves subterrànies on les dones treballen la cistelleria amb fulles de palmeres, que requereix pel seu treball unes condicions especials de humitat i temperatura. Antigament, també eren utilitzades com a refugis en èpoques de guerra o inseguretat.

### La casa dels Lobi

La ètnia Lobi ocupa actualment l'àrea sud-oest de Burkina Faso i la franja contigua del nord-est de Costa de Marfil, encara que alguns dels seus membres permaneixen encara al nord de Ghana, a l'altra part del riu Mouhoun ( abans anomenat Volta negra).

Els Lobi són un poble de tradició guerrera generada per la necessitat de protegir-se contra les freqüents incursions d'enemics i esclavistes, que han patit durant segles.

Les seves cases estan disperses per la sabana arbrada, molt llunyanes entre si, sense que sigui fàcil reconèixer la seva agrupació per formar poblats. L'aparença de la casa és d'una fortalesa de poca altura i perímetre irregular, amb que la única obertura a l'exterior és una petita porta, en el qual es troben els altars familiars.

Els murs són de terra mesclada amb aigua, palla, fulles i excrements de vaca, amb que són disposats 5 o 6 filades d'uns 40-50 cm d'altura cadascuna, marcant clarament les juntes horitzontals entre elles. Els seu gruix va disminuint en talús des de uns 50

cm en la base fins la meitat de la part alta. Tal com succeeix amb les cases d'algunes ètnies d'aquesta zona geogràfica, els murs no aguanten les bigues de les teulades.

La defensa de la casa es basa amb el seu disseny i característiques. A l'interior, les bigues deixen una altura lliure de solament un metre i mig aproximadament, per tant, obliga a l'intrús a caminar casi a cegues i ajupit. Amb aquestes condicions els enemics serien abatuts fàcilment gràcies als arcs amb fletxes enverinades que avui dia es guarden a tota la vivenda.



*Imatge 11: Les cases dels Lobis, zona per assecar els grans*

La distribució interior és molt complexa, ja que la casa està compartimentada en sectors individuals per a cada una de les dones del propietari, amb petites portes tancades amb persianes de canya. Cada sector té un dormitori, una cuina-sala d'estar i un petit pati que s'accedeix a la terrassa mitjançant un simple tronc d'arbre amb escalons tallats.

La terrassa també està dividida, per raons defensives i de ús, mitjançant murets que són la prolongació dels de la planta baixa. S'utilitza per assecar fruits i grans, així com per realitzar feines domèstiques.

### La casa dels Gurunsi

La zona central del sud de Burkina Faso, molt pròxim a la frontera amb Ghana, està la ètnia Gurunsi, que es compon de diferents grups tribals entre que destaquen els Nankani i els Kasséna. Aquests últims tenen el seu centre en Tiébélé, pròxim de la ciutat Pô. Es tracta d'un conjunt d'edificacions que formen un laberint, degut a les nombroses ampliacions necessàries per allotjar les seues dones i parents.

És fàcil distingir les unitats més antigues, construïdes amb planta arrodonida, que segueixen una traça rectangular. Tots els murs tenen talús, encara que són més pronunciats a les vivendes circulars. Les teulades solen ser planes i les terrasses sempre estan arrodonides d'un ampit d'uns 40-50 cm d'altura, acabant també de forma



arrodonida. Per accedir a les terrasses es puja mitjançant uns troncs amb esglaons tallats. Aquestes terrasses són utilitzades per assecat i emmagatzemar llavors, encara que també s'utilitzin per dormir durant la nit a la època càlida i seca.

En l'agrupació familiar, les unitats de l'home i la dona estan molt pròximes. Cada mòdul femení es desenvolupa al voltant d'un pati irregular, protegit per un mur de mitja altura i consta d'un espai per cuinar a l'aire lliure amb un altre cobert. Però el seu element més singular és el dormitori i magatzem que estan units entre si produint una planta en forma de 8. Des de el pati s'accedeix a la sala gran on hi ha el llit i des de allí es passa a la sala més petita, que té una lleixa de fang, en que les dones guarden les seves coses més valuoses. Únicament aquesta habitació es desenvolupa completament en tota la seva circumferència i a vegades conté una terrassa.

La entrada en aquestes estances es realitza amb portes de forma ovoide de menys a més altura, seguit per un muret de poca altura de forma semicircular. L'intrús es veu obligat a ajupir-se i després tornar-se a aixecar per tal de poder passar casi a cegues a causa de la poca llum, ja que aquestes cases tenen poques finestres i l'arrebossat interior és de color gris fosc. Aquest sistema garanteix la seguretat i protegeix de l'aigua, el vent i els animals.

Les teulades es construeixen amb rames i tronc irregulars que no recolzen en els murs, sinó en uns peus drets de fusta situats al costat d'aquests i acabats en forma de forquilla.



*Imatge 12: Tiébélé, decoració exterior de les cases dels Gurunsi*

Les cases que tenen molts anys, l'altura interior de la vivenda és tan petita que resulta insuficient per està de peu.

El pas d'unes àrees a altres del recinte familiar és fa saltant murs de mitja altura, que no poden saltar fàcilment els animals domèstics. Entre les cases trobem els graners, que són petites construccions troncocòniques de fang, elevades sobre unes bases de

pedra i rames. Algunes cases també tenen una pintura decorativa per l'exterior, tal com es mostra a la imatge 13. Aquestes edificacions no solen sobrepassar dels 2 metres de diàmetre inferior, d'1 metre de diàmetre superior i uns 2,5 metres d'altura. Es cobreixen amb una coberta practicable de forma cònica, paregut a un gran barret fabricat amb palla.



*Imatge 13: Entrada als nuclis de les habitacions dels Gurunsi*

La construcció és una tasca comunal, els homes s'encarreguen de fer la fonamentació, murs i teulades, en canvi, les dones realitzen tot el que està relacionat amb la decoració mural. Per elles, aquesta tasca es converteix en una activitat social que les permet la interacció amb altres dones, tal com passa en llocs de l'Àfrica Occidental. Comencen el seu treball aplicant l'arrebossat, format per una mescla de fang, excrements de vaca i el suc viscos de la llavor d'un arbre de la família de les leguminoses (*Parkia biglobosa*/africana), que millora la protecció contra la pluja.

Posteriorment, realitzen les motllures que voregen les portes i decoren els murs amb incisions, relleus baixos i pintures, creant esquemes geomètrics de gran bellesa, que s'assemblen als motius utilitzats amb els teixits tradicionals: triangles, rombes, xarxes, línies en espiga i zig-zag. A vegades es complementen amb representacions figuratives, com ara la de animals simbòlics (serps i llangardaixos), instruments musicals o utensilis domèstics.

El color predominant dels fons és el vermellós, degut a l'ús de pigments obtinguts molen laterita, un material argilós molt abundós en l'Àfrica Subsahariana. Es sol pintar amb tons ocres foscos, negres i blancs. El color negre sobten del quitrà de hulla que, un cop absorbit per l'arrebossat de fang al assecar-se, actua com antisèptic i impermeabilitzant.

El resultat estètic d'aquests murs vermellosos amb formes arrodonides, coberts amb esquemes decoratius simples però amb gran caràcter expressiu, aquestes vivendes han sortit a portades de llibres i guies turístiques sobre Burkina Faso.

En la ètnia Gurunsi no hi ha diferències sensibles entre les cases dels caps i les altres. La casa està tant lligada a la persona que quant un membre de la família mort, la seva habitació s'abandona fins que la teulada s'enfonsa, o be s'enderroca per fe lloc a altres construccions.



*Imatge 14: Coberta de troncs i rames a les cases dels Gurunsi*



*Imatge 15: El poblat dels Gurunsi, Tiébélé*



### 3.4.2.- Les mesquites de Burkina Faso

#### La mesquita de Bobo-Dioulasso

El nom modern d'aquesta ciutat fa referència als dos principals grups ètnics que hi habitaven, els Bobo i els Dioula. Els primers formen part dels pobles assentats des de fa més temps en Burkina Faso, mentre que els segons eren comercials arribats de Malí des del segle XIV. Bobo-Dioulasso va ser el centre cultural i comercial en tota la regió i actualment és la segona ciutat i focus industrial del país.

La mesquita va ser construïda a principis del segle XVI, però es va reconstruir al 1885, al convertir-se la població al Islam, després d'un període. La seva traça està inspirada en la de Yenné, però amb diferents proporcions, ja que la sala de oració i el pati tenen una planta casi quadrada, arribant a un conjunt de 42x22 metres de dimensió. La sala consta de nou naus molt estretes i paral·leles al mur de la alquibla, mentre que la segona està dins de la sala de oració, orientada a nord-est. Les portes d'accés s'obren exclusivament entre els contraforts laterals i passen quasi desapercebudes, ja que no tenen elements que les identifiqui.



*Imatge 16: La mesquita de Bobo-Dioulasso*

Fa pocs anys, l'habitual arrebossat exterior de fang, que s'havia d'aplicar anualment sobre els murs de la mesquita, va ser substituït per un de morter de ciment pintat de color blanc, que ha modificat l'aspecte tradicional de la mesquita.

### La mesquita de Ouahabou

Aquesta petita ciutat va ser la capital d'un petit regne, creat al 1850 per musulmans de la ètnia Marka procedents de Yenné (Malí), que va aconseguir mantenir-se independent fins l'arribada dels francesos al 1897. L'origen dels fundadors va deixar empremta a la mesquita, situada al mig del camí entre Yenné i Bamako, en data al segle XVIII.

Tant la sala de oració, que té cinc naus paral·leles al mur de alquibla, com el pati, són de forma rectangular. La composició del conjunt és bàsicament horitzontal, amb el contrapunt vertical de la esvelta torre mihrab de forma cònica. Com aquesta mesquita no té finestres, la il·luminació i ventilació d'aquesta es realitza mitjançant forats a la terrassa.

Tot l'edifici, que és de gran austeritat, està ubicat en un ampli espai urbà buit i està elevat sobre una plataforma de mig metre respecte el terreny.

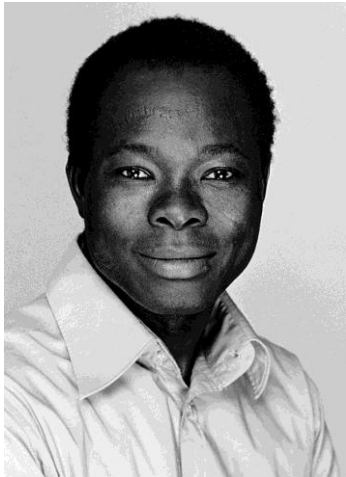


*Imatge 17: La mesquita de Ouahabou*

### 3.5.- Arquitectes referents al país

#### 3.5.1.- Diébédo Francis Kéré

Francis Kéré és un arquitecte burkinès que va nèixer a Gando l'any 1965. De petit va ser enviat al col·legi per aprendre a llegir i a traduir la correspondència del seu pare.



Quan tenia 7 anys va abandonar la família per anar viure a Ouagadougou i poder anar a l'escola, ja que a Gando no n'hi havia. Quan va acabar els estudis es va posar a treballar de fuster i va rebre una beca de la "Carl Duisberg Gesellschaft" per una pràctica a Alemanya. Un cop finalitzats els seus estudis, va continuar a la Facultat d'Arquitectura de la Universitat Tècnica de Berlín. Al 1998 va crear l'associació *Schulbausteine für Gando* amb l'objectiu de donar suport al desenvolupament del seu país

amb els mètodes de construcció típics de Burkina Faso.

*Imatge 18: Francis Kéré*

Al 2004 va acabar els seus estudis amb un projecte d'una escola d'educació bàsica i va fundar el seu propi estudi d'arquitectura, Kéré Architecture, amb seu a Berlín.

A continuació, es presentaran uns dels seus projectes que ha dissenyat i ha dut a terme a Burkina Faso, conjugant els seus coneixements adquirits a Europa amb els materials locals de la seva terra.

Són construccions senzilles emprades amb materials de la zona però que no deixen de banda el confort per l'usuari i en un atractiu des de el punt de vista de l'arquitectura.

El Francis Kéré deixa la construcció convencional amb blocs de formigó per implantar un nou material conegut com el bloc de terra comprimit, aconseguint una construcció sostenible, ecològica i respectuosa amb el medi ambient. Els seus principis de disseny es basen amb el confort tèrmic i reducció de les despeses de llum ja que és un país que s'arriben a unes temperatures altíssimes. Per tant, tot seguit s'explicaran i es mostraran aquests projectes tant interessants que ha executat amb aquests últims anys.

*Gando: Escola de primària 2001*

En un país on la meitat dels nens reben la seva educació escolar, en aquesta escola es proporciona l'equipament necessari per als habitants de Gando, una petita aldea de 3000 habitants. El Francis Kéré, mentre estava estudiant a Berlín, va aconseguir inversions privades i suport del govern per substituir l'antiga i fosca escola de Gando.

El nou edifici forma part d'un complex més gran amb el que disposa de cases per als professors, un pou, parcel·les i un equipament esportiu.

L'edifici i els materials utilitzats s'adapten perfectament al clima local com a les possibilitats econòmiques del projecte.



*Imatge 19: Escola de primària a Gando*

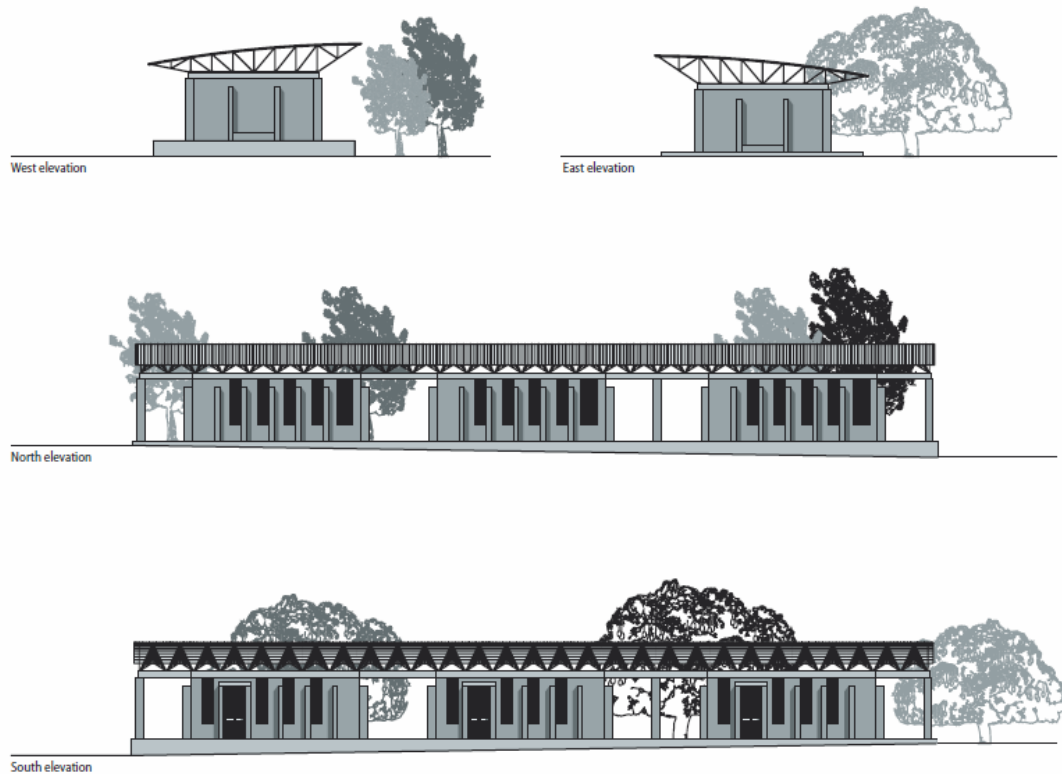
El Francis Kéré dissenya l'escola amb una gran coberta en voladís que uneix tres classes disposades linealment. Entre les aules apareixen espais exteriors coberts, amb la funcionalitat de donar classes o per jugar. Els murs estan construïts amb blocs de terra comprimida proporcionant una gran inèrcia tèrmica i proporcionant una reducció de la fluctuació de temperatura.

El tret més característic de l'escola és la doble coberta de xapa que s'utilitza per tal de protegir del sol i les pluges. La finalitat de la coberta metàl·lica és protegir de la radiació directa del sol com si fos un barret i proporcionar una ventilació produint una evacuació de l'aire calent. L'aire circula entre la teulada de les aules i la pròpia coberta.

L'escola disposa d'una sèrie de persianes metàl·liques que tenen diferents tipus d'obertura per al pas de l'aire i llum a través de finestres grans. La fusta és utilitzada en llocs puntuals ja que és molt sensible a l'atac de les termites.

Els habitants de l'aldea van participar en totes les fases de construcció de l'escola. Es van fer uns programes de formació per fer els blocs de terra comprimits i es van contractar ferrers per tal de construir la coberta i col·locació de persianes.

Els nens van ajudar a moure les pedres i les dones eren les encarregades de portar l'aigua des de llocs més llunyans.

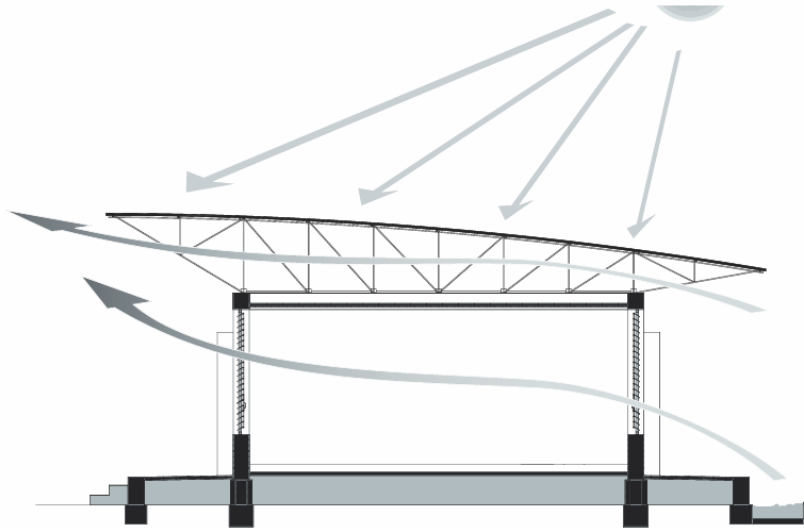


*Imatge 20: Plànols dels alçats de l'escola de Gando*



*Imatge 21: Vista longitudinal de l'escola de Gando*





*Imatge 22: Plànol de la ventilació i protecció solar de l'escola de Gando*



*Imatge 23: Vista transversal de l'escola de Gando*



*Imatge 24: Espai obert de l'escola de Gando*

### *Gando: Allotjaments per a docents*

Al 2004, es va construir un conjunt de vivendes que està compost per sis allotjaments destinats per als docents del col·legi de Gando i les seves famílies.

Els edificis estan dissenyats i construïts de tal manera que la seva coberta és amb forma d'arc amb un punt comú de recolzament, que delimita el límit meridional de la superfície de l'escola. Aquest tipus de construcció és el típic complex d'edificis a l'estil burkinès.

Les tres tipologies de vivendes han estat realitzades com una sèrie de mòduls adaptables, tots amb dimensions comparables a les tradicionals cabanyes de planta circular de la regió.

Els mòduls individuals poden ser combinats en un conjunt de major dimensió, amb que cada vivenda està formada per tres murs paral·lels de maons que sostenen les voltes de canyó fabricades amb blocs de terra estabilitzada.

Per protegir l'edifici de la humitat amb el sòl, les parets gruixudes amb maons crus es recolzen sobre els fonaments de ciment i granit.

L'element més característic de la construcció és la coberta, en que s'assoleixen dos altures diferents i la intersecció entre elles crea una obertura que garanteix la ventilació i la il·luminació interior. S'instal·len canalons a les parets per fer la evacuació de les aigües pluvials.

L'objectiu principal de la doble coberta és reduir el sobreescalfament dels allotjaments i que els docents tinguin un confort tèrmic òptim.



*Imatge 25: Allotjaments per a docents a Gando*

*Dano: Escola d'educació secundària*

Aquesta escola està inspirada amb l'anterior construcció dels allotjaments a Gando. La escola superior de Dano està construïda amb roca de Laterita, una pedra molt abundant del país.

L'edifici està orientat a l'eix est-oest i consta d'una coberta amb un gran voladís en la finalitat de reduir la incidència de la llum solar als murs. L'escola conté tres aules, una sala d'ordinadors, oficines i un espai extern cobert.

La ventilació natural s'obté mitjançant escletxes a la coberta i de la pròpia inclinació en un acabat de xapa metàl·lica ondulada.

El projecte finalitzat l'any 2007 va ser realitzat en col·laboració dels joves formats anteriorment a Gando.

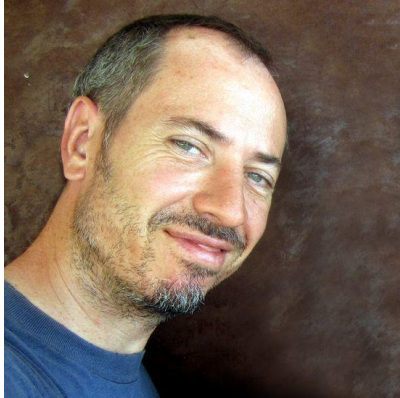


*Imatge 26: Escola d'educació secundària de Dano*



### 3.5.2.- Albert Faus

L'Albert Faus és un arquitecte nascut a Barcelona l'any 1972 que actualment viu i treballa a Burkina Faso des de fa cinc anys.



*Imatge 27: Albert Faus*

L'arquitecte defensa que quan una persona treballa a l'Àfrica, el coneixement i la informació han de fluir en la mateixa direcció.

A finals del 2005, l'Albert Faus va confirmar el seu viatge a Burkina Faso amb alguns membres de la empresa de producció artística Emotique i del Colectivo Anatomic. Li van proposar en anar a muntar

el primer festival internacional d'art LAAFI, a la ciutat de Koudougou.

Amb aquests primers viatges de cooperació, l'Albert Faus va fer moltes amistats per tot el país. Josselin Prior, un francès, va crear a l'any 2001 una associació anomenada LAFFI – amb llengua Moré, (la majoritària a Burkina), significa pau i salut per promoure el canvi cultural i donar suport material, educatiu i logístic als nens burkinesos.

Al 2008 les accions de la associació van tenir certa repercussió a la ciutat, l'Ajuntament els hi va cedir un terreny per construir un equipament multi ús. A l'octubre d'aquest any, Josselin va venir a Barcelona i es va parlar conjuntament amb l'Albert Faus de quin tipus de finançament es podria treure des de Espanya i de com hauria de ser aquest centre.

Es va convocar una assemblea extraordinària de LAAFI i van trucar a l'Albert Faus per dir-li que portés la direcció del projecte. El 19 de desembre del 2008 es va col·locar la primera pedra del centre cultural LE VILLAGE LAAFI en Koudougou.

A continuació, es presentaran un dels seus projectes que ha portat a terme durant aquest últims anys a Burkina Faso. L'Albert Faus va acabar la seva formació a Barcelona i actualment està vivint a Koudougou, on actualment està desenvolupant la seva carrera professional com arquitecte a Burkina Faso.

L'Albert Faus, ha agafat com a arquitecte de referència al Francis Kéré per tal de dur a terme els seus projectes de construcció utilitzant els materials locals i les tècniques constructives convencionals.

### Centre d'integració escolar, professional i esportiva

Rimkieta és un dels nous barris de la Capital de Burkina Faso submergits els últims anys per absorbir el fort creixement demogràfic així com la migració que s'està produint del camp a la ciutat.

Per tant, l'Albert Faus construeix a l'any 2012 un centre d'integració escolar al barri de Rimkieta per tal d'oferir al nens la educació necessària. Consta d'una construcció de planta baixa amb una superfície de 145 m<sup>2</sup> i disposa de aules, una oficina i vestidors per canviar-se i dutxar-se. Utilitza el mateix mètode que el Kéré amb la instal·lació de la doble coberta amb la finalitat de protegir del sol i l'aigua.

Aquest centre solament disposa d'una coberta de xapa ondulada, per tant, hi ha sempre una ventilació continua que fa que l'aire calent pugi a dalt i sigui evacuat. El material principal és la terra ja que tots el murs estan construïts amb blocs de terra comprimits i a la part superior hi trobem un cercol perimetral que lliga tota la caixa de l'edifici.

A continuació es mostren unes fotos del centre en que podem observar tots el detalls.



*Imatge 28: Centre d'integració escolar, professional i esportiu (Rimkieta)*

A la imatge 28 es pot observar amb claredat el sistema de ventilació natural que utilitza l'edifici amb la coberta de xapa ondulada, deixant una separació per tal de que l'aire circuli. Als laterals de la coberta es van col·locar uns tirants de ferro per tenir-la ben fixada pels dies que el vent bufa amb força, ja que a Ouagadougou els vents són molt forts i s'ha d'evitar l'efecte vela.



*Imatge 29: Classe amb els nens a Rimkieta*



*Imatge 30: Vestidor de l'escola de Rimkieta*



*Imatge 31: Vista transversal de l'escola de Rimkieta*



### Biblioteca Katiou

Al municipi de Komsilga situat a 30 Km al sud de Ouagadougou, està format per una vintena de petits poblats amb els que hi viuen més de 50.000 habitants. El Liceo Departamental és un centre escolar que s'imparteixen cursos de secundària a més d'un miler de estudiants.

La Fundació Katiou, promotora de la biblioteca, és una entitat franco-espanyola sense ànim de lucre, compromesa en la millora de les condicions educatives dels nens i nenes d'aquesta zona.

La ubicació final de la biblioteca va ser el resultat d'un llarg debat amb l'alcalde i els responsables del centre escolar. Després d'estudiar cuidadosament les condicions del solar, l'Albert Faus va decidir ubicar la biblioteca al costat dels Karité, allí on les dones es seuen per vendre fruita i menjar i els nois es posen a la ombra per refrescar-se.

El programa es desenvolupa en un volum únic per a sala de lectura, ordenadors, àrea de control i magatzem (122 m<sup>2</sup>), més una petita terrassa i rampa d'accés (25,50 m<sup>2</sup>). Tot va ser construït amb un pressupost aproximadament de 20.000 €, uns 145 €/m<sup>2</sup>, sense tenir en compte el mobiliari ni els ordenadors.

Les finestres de la biblioteca estan formades per una trentena de mòduls d'alumini amb plaques de policarbonat translúcid, material reciclat que ha afavorit en abaratir el cost final de la construcció.

Aquesta construcció és de dimensions petites, per tant, es va plantejar de donar-li gruix als murs per tal de construir-hi prestatgeries entre ells en la finalitat de guanyar espai a l'interior de la biblioteca i col·locar les taules de consulta i lectura al centre. Un mur que no arriba al sostre defineix l'espai de l'administració per un costat i del magatzem per l'altre.



*Imatge 32: Biblioteca Katiou*

La construcció descansa sobre una fonamentació de formigó ciclopi sobre la que es va construir un muret base de 40 cm en la qual s'amarra una biga riostra perimetral de formigó armat. L'interior es va omplir amb les terres provinents de la excavació i un cop va ser compactat es va fer una solera de formigó en massa allisat a mà.

Sobre aquesta plataforma resistent es va construir l'estructura portant, un sistema mixte de murs de càrrega i pilars de fàbrica amb blocs de terra comprimida. Aquests maons són una mescla de terres laterítiques seleccionades i estabilitzades en un percentatge de ciment del 7%.

La il·luminació de la biblioteca està molt ben aconseguida ja que totes les finestres són de policarbonat translúcid i practicable, ja siguin les horitzontals com les verticals. La zona central de la coberta de xapa també és translúcid aportant més il·luminació. Tot seguit es mostren unes fotos de la biblioteca de Katiou.



*Imatge 33: Il·luminació interior de la biblioteca Katiou*



*Imatge 34: Mòduls de les finestres de la biblioteca Katiou*

### Orfenat Kisito a Ouagadougou

L'Associació Kisito va ser creada el 23 de març de 1965 per la societat de Missioners d'Àfrica, "Pares Blancs", amb la finalitat de respondre a la situació del nens recents nascuts abandonats per les seves mares.

L'orfenat Kisito era una entitat ben administrada, on els nens estaven ben atesos, però amb escassos mitjans. La CC ONG va entrar en contacte a través de l'escola Saint Pierre et Saint Paul de Ouagadougou.

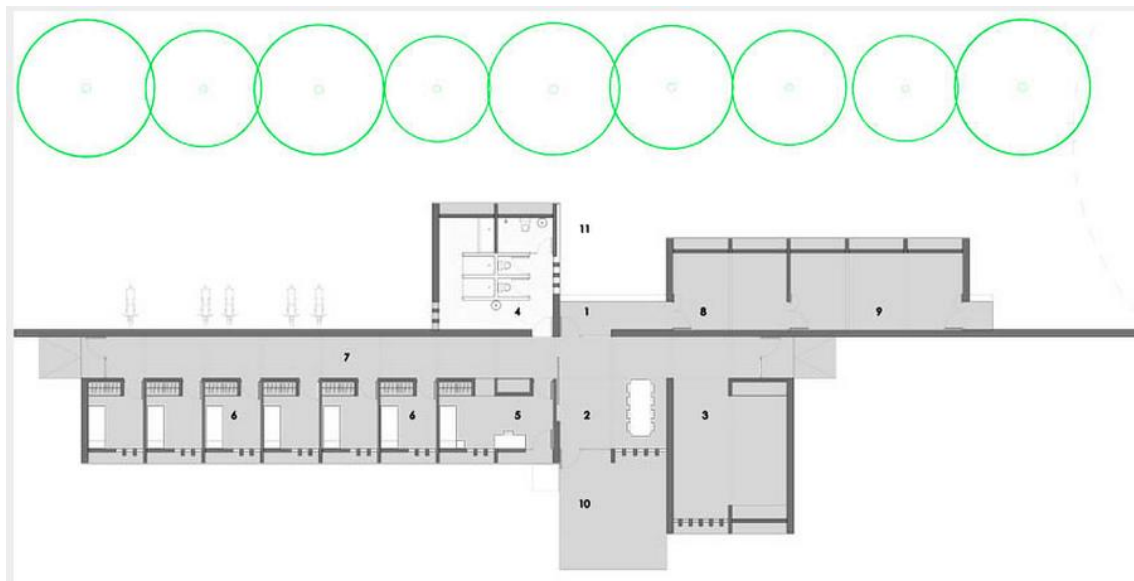
Des de el 2001, CC ONG els ha fet arribar ajuda econòmica, roba i medicaments, a més a més de col·laborar amb l'ajuda de tots els voluntaris i voluntàries que han realitzat un bona feina al centre. S'ha de destacar que aquest projecte ha sigut el que ha rebut més voluntaris. A l'any 2005, aquesta organització va decidir augmentar la seva acció col·laborant amb Home Kisito aconseguint apadrinar als nens petits.

Actualment, l'orfenat té una capacitat per acollir a 100 nens amb una edat entre els 0 i 24 mesos. Aquests nens han estat abandonats, orfes o derivats de casos socials. A principis del 2012 es va construir un nou orfenat a les afores de Ouagadougou, un edifici finançat en part per CC ONG, per augmentar la capacitat i la millora de les instal·lacions.

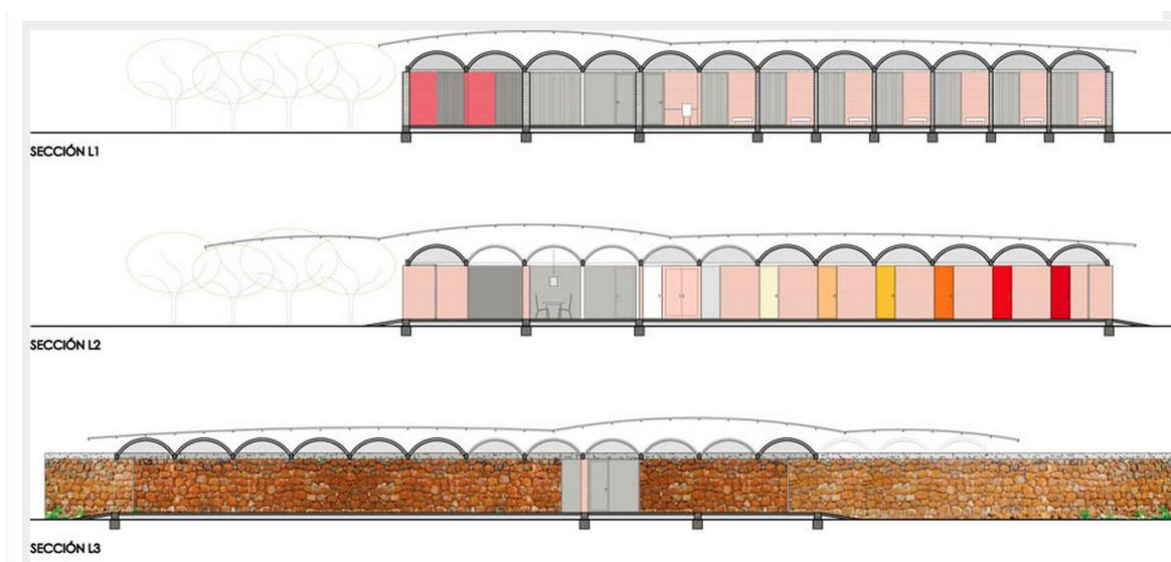
Ara ja fa més de deu anys que s'està treballant amb l'orfenat de Kisito a Burkina Faso. Al principi, era un centre amb molta precarietat amb pocs recursos, però al llarg del temps la seva situació ha millorat amb gran mesura. Avui dia, encara s'hi troben alguns problemes degut a la escassetat dels recursos del país, el més problemàtic és el cuidar els nens i nenes discapacitats que es troben a l'orfenat. Aquests nens requereixen d'un espai separat on puguin ser atesos segons les seves necessitats i seguir els tractaments per millorar les seves capacitats. Amb aquest objectiu, l'Albert Faus ha dissenyat un edifici per a nens orfes discapacitats psíquics amb la finalitat d'ampliar el centre.

El cost total de la construcció ha estat 59.873,74 €, en que el pressupost del projecte ha sigut totalment recaptat, i els 400 € amb els que va col·laborar els socis de CC ONG, es van destinar al projecte "Menjadors Escolars en Mali".

A continuació, es mostren el plànols realitzats per l'Albert Faus amb que podem veure la planta i els alçats de l'edifici que ha dissenyat per nens orfes discapacitats psíquics a la ciutat Ouagadougou.



*Imatge 35: Planta distribució de l'orfenat Kisito a Ouagadougou*



*Imatge 36: Seccions longitudinals de l'orfenat Kisito a Ouagadougou*

L'objectiu del centre no és sol atendre als nens, també vetlla pel dret de la infància mitjançant accions com la realització d'enquestes al lloc on s'ha trobat al nen, informant a la policia o buscant certificats de naixements als hospitals. Resumint, l'Albert Faus intenta reconstruir la història d'aquests nens sense casa en l'objectiu de trobar els seus pares o una nova família.

Actualment, les obres de la nova construcció del nou edifici que l'Albert Faus ha dissenyat i porta la direcció d'obres, es troba amb plena execució. És un edifici de

planta baixa amb les instal·lacions millor adaptades per allotjar als nens petits en discapacitats físiques i/o psíquiques.

Un altre cop, l'arquitecte Albert Faus ha utilitzat els materials locals que es troben a la capital de Burkina Faso per tal de portar a terme la nova ampliació de l'orfenat Kisito situat a Ouagadougou.

L'edifici que actualment es troba amb plena construcció comptarà amb:

- Un accés principal.
- Un espai d'entrada / menjador ( 29,45 m<sup>2</sup> ).
- Sala de tractament / jocs (28,65 m<sup>2</sup>).
- Banys ( 21,85 m<sup>2</sup>).
- Dormitori responsable (12,35 m<sup>2</sup>).
- Dormitori tipus (6,75 m<sup>2</sup>).
- Distribuïdor (34,25 m<sup>2</sup>).
- Magatzem 1 (16,05 m<sup>2</sup>).
- Magatzem 2 (24,15 m<sup>2</sup>).
- Terrassa / jocs exteriors (22,65 m<sup>2</sup>).
- Porxo d'entrada ( 35,00 m<sup>2</sup>).

L'Albert Faus ha utilitzat la pedra "Kayu" tant característica i utilitzada al país per fer les fonamentacions per fer el mur exterior a l'edifici de l'orfenat en la finalitat de protegir la construcció dels forts vents predominants. En la imatge 37 podem observar el mur amb la pedra "Kayu", el qual és pretén que sigui un element de separació i protecció.



*Imatge 37: Mur exterior amb la pedra "Kayu" de l'orfenat Kisito*



Un altre cop, l'Albert Faus ha utilitzat el bloc de terra comprimit (BTC) com a material principal en tota la construcció, un material molt emprat per ell amb tot tipus d'obres que dissenya i executa. Aquest cop, ha combinat el bloc de terra comprimit per realitzar unes voltes que recolzen sobre les bigues, donant un estètica encantadora sobre l'edifici.

Les voltes amb els BTC's han estat executats amb uns encofrats metàl·lics que posteriorment seran utilitzats per posar unes mosquiteres elaborades per dones burkineses de diferents colors. Aquestes voltes són recolzades sobre unes bigues de formigó fabricades insitu a l'obra.

Els paviments dels dormitoris també són amb blocs de terra comprimida, però amb uns altres blocs, diferent mesura que els dels murs.

En aquesta construcció també s'ha construït un coberta metàl·lica en la finalitat de protegir del sol i del vent. Amb aquesta doble coberta es garanteix un ventilació addicional de l'edifici.

En la orientació de l'orfenat, la ubicació de l'accés principal que és perpendicular a l'edifici, la doble coberta metàl·lica i les obertures per a les finestres, fa que sigui una construcció en un gran confort tèrmic, ja que la calor és un dels punts que s'ha d'estudiar més en aquest país.

El revestiment interior de les parets és elaborat per dones pròpies del país, ja que hi van passar tota una setmana dormint a l'obra per poder acabar la feina.

A continuació, es mostren unes fotos de l'edifici que actualment es troba en construcció.



*Imatge 38: Vista posterior de l'orfenat Kisito a Ouagadougou*



*Imatge 39: Mosquitera feta per dones burkineses*



*Imatge 40: Coberta de xapa amb les seves canals pertinents*



*Imatge 41: Arrebossat de la paret per les dones burkineses*

## 4.- MEMÒRIA DESCRIPTIVA

Amb aquest apartat s'explicarà el que consisteix construir amb la tècnica constructiva en sacs de terra estabilitzada, anomenat Superadobe o Earthbag.

Primerament, es parlarà del lloc on es farà la construcció amb Superadobe. S'explicarà els antecedents i l'estat actual del Training Medical Center (TMC). El TMC és un solar de 8.600 m<sup>2</sup> destinat a una construcció d'un centre mèdic a un dels districtes més pobres de la capital de Burkina Faso, Ouagadougou. Dins d'aquest solar, hi ha una part destinada per fer una zona residencial, que una petita part serà construïda amb aquest sistema constructiu del Superadobe o Earthbag.

Es farà una breu explicació de com es construeix amb sacs de terra, el que suposa un tipus de construcció ecològica, sostenible i sobretot respectuosa amb el medi ambient.

S'explicarà detalladament tots els passos que s'ha de seguir per tal de fer una construcció d'aquestes característiques, és a dir, es parlarà sobre el tipus de sòls que ens podem trobar al nostre terreny, la fonamentació i els respectius drenatges que es necessita per aquestes edificacions, els estabilitzants que podem utilitzar per donar resistència a l'estructura de terra de la nostra casa, les normes de disseny que s'ha de seguir per tal que l'estructura no es debiliti, el diferents tipus de climatització que es poden utilitzar amb aquestes construccions i els arrebossats aplicables que es poden fer amb la tècnica constructiva del Superadobe o Earthbag.

El Superadobe o Earthbag és una tècnica de construcció ecològica dissenyada per l'arquitecte Nader Khalili per a la construcció de vivendes, basades amb la autoconstrucció, ja que amb uns coneixements bàsics d'aquesta tècnica, una persona qualsevol pot ser capaç de construir la seva pròpia cabana o casa. Es tracta de construir amb sacs plens de terra estabilitzada o no, superposats entre si amb un filferro de 4 pues en la finalitat de lligar l'estructura, que normalment són en forma de cúpula, voltes, arcs, àbsides, creant la resistència necessària a terratrèmols, inundacions, incendis,...

Es tracta d'una tècnica constructiva simple i fàcil on tota família pot participar en la fase de construcció de la seva vivenda, cabana, refugi, etc.

El disseny i el gruix que assoleixen aquests murs de terra d'aquestes cases, fan que siguin edificacions molt confortables tèrmicament degut al gruix de les parets i el material utilitzat.

Per tant, en aquesta memòria descriptiva tal i com diu el títol s'explicarà i es descriuran totes les fases de construcció que requereix aquesta tècnica del Superadobe o el Earthbag.

No és una construcció característica i típica d'un país en concret, però ja veurem que s'adequa perfectament a un país Africà, amb el nostre cas, a la capital de Burkina Faso, degut que hi moltes construccions d'aquest estil tal i com hem vist anteriorment.



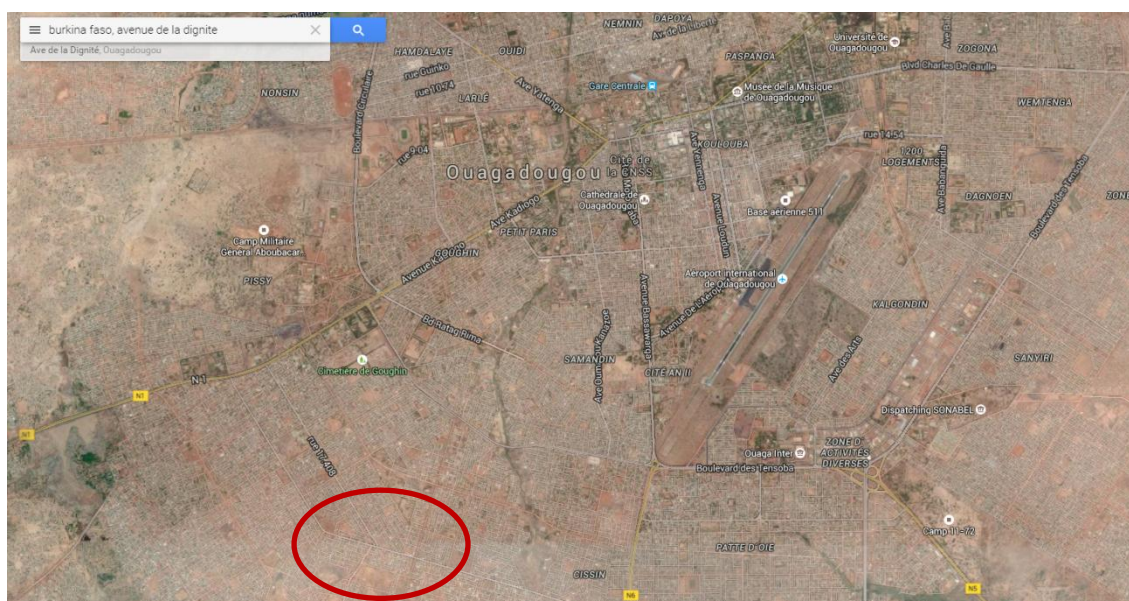
#### 4.1.- Situació i Emplaçament

El lloc on es farà la construcció amb Superadobe o Earthbag, és a l'Àfrica Occidental, exactament a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou.

La ONG de Emsimision, va comprar un solar de 8.600 m<sup>2</sup> al districte de Boulmiougou, per tal de construir un centre mèdic, anomenat Training Medical Center. És una de les necessitats més importants que necessita aquest barri de Ouagadougou, per tal que els habitants tinguin una assistència mèdica digna, ja que és un dels districtes en més pobresa de la capital. A continuació, es mostren unes fotos de la ubicació del Training Medical Center.



*Imatge 42: Situació i Emplaçament de Burkina Faso, Ouagadougou*

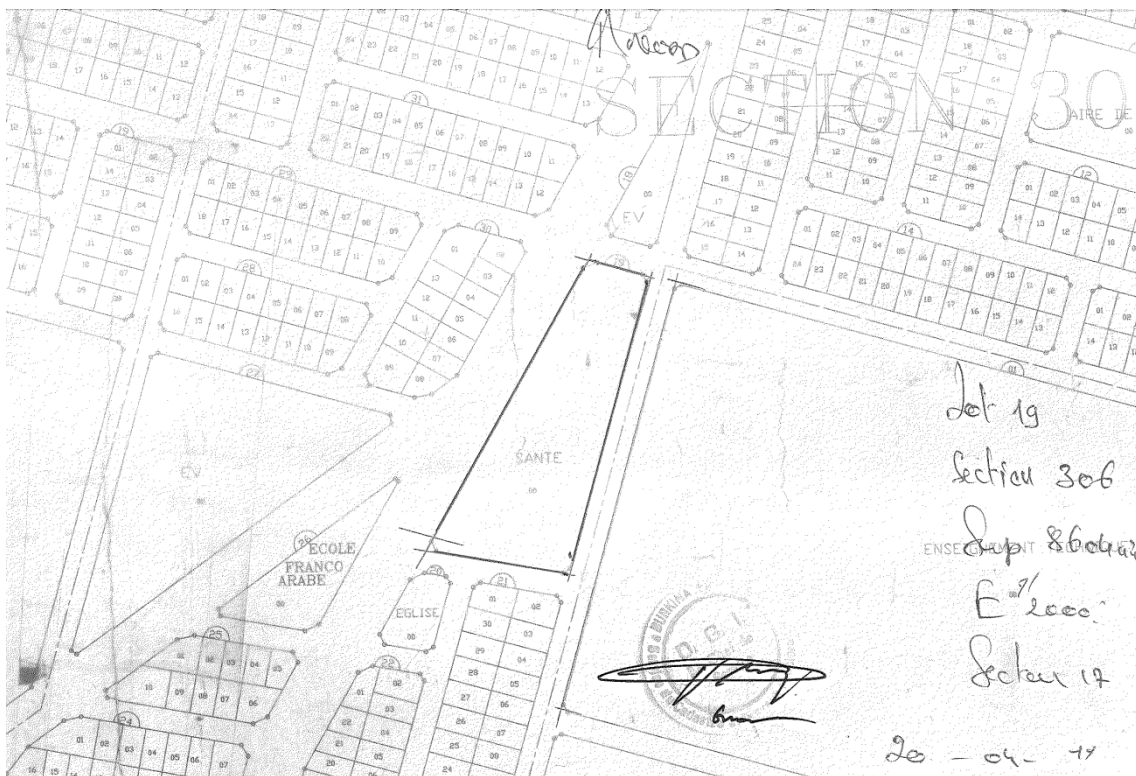


*Imatge 43: Localització del districte de Boulmiougou*





*Imatge 44: Situació del Training Medical Center al districte de Boulmiougou*



*Imatge 45: Parcel·la del Training Medical Center*

## 4.2.- Antecedents

El projecte consisteix en fer una part de la zona residencial del centre mèdic Emsimision, amb la tècnica constructiva Superadobe o Earthbag. Al solar de 8.600 m<sup>2</sup> es construirà un centre mèdic, així com un centre de formació mèdica utilitzant tècniques tradicionals, sostenibles i ecològiques de la construcció.

El projecte es realitza en col·laboració per les ONG's Emsimision i la Fundació Lleida Solidària, especialitzades en els camps de salut i la construcció, a més a més, en col·laboració de la Universitat de Lleida i Domoterra.

Burkina Faso té una antiga tradició de construir amb terra, per aquest motiu, es va començar a utilitzar els blocs de terra comprimits (BTC's) al solar del TMC. Aquesta tècnica té els següents avantatges:

- Una construcció sostenible i ecològica, amb el qual s'utilitza la terra del propi solar per fer els blocs de terra comprimits.
- És una construcció en un baix cost de producció.
- No es necessita una força de treball hàbil.
- És fàcil tenir una petita planta de producció ubicada a la parcel·la on es construeix el TMC, aconseguint evitar el transport del material.

La tecnologia utilitzada, és equivalent a la del maó ceràmic tradicional, tant el tipus de maó com la forma de treballar.

Els blocs de terra comprimits (BTC's) es fabriquen utilitzant una màquina de compressió hidràulica, amb el que dona molt bona compacitat, resistència i no és necessari la utilització de morter per les juntes, és a dir, consisteix d'una construcció en sec. Aquesta tècnica, millora el comportament sísmic i tèrmic.

A continuació, s'explicarà com va començar aquest projecte de cooperació amb la finalitat de construir un centre mèdic a Ouagadougou.

Aquests últims anys, Emsimision conjuntament amb la Fundació Lleida Solidària, han construït un mur perimetral a tot el solar amb els blocs de terra comprimits. Per tant, el que trobem avui dia al solar del TMC, és un gran solar anivellat i tancat amb propietat de Emsimision.

Per tant, veurem com estava el primer dia abans de començar les obres i com ha evolucionat fins ara el Training Medical Center.

#### **4.2.1.- Implantació i producció dels blocs de terra comprimits**

Del maig fins al juny de l'any 2013, un equip de treball amb membres d'Emsimision i la Fundació Lleida Solidària, es van traslladar al lloc de treball per realitzar diferents tasques, per tal de fer un seguiment correcte i fer la supervisió de les accions següents

##### *Contractació de maquinària i neteja del terreny*

El primer cop que es va arribar al solar del TMC, era un lloc ple d'escombraries ja que la ciutat no tenen servei de recollida d'aquests residus. Per tant, la primera feina que es va realitzar va ser la contractació d'una retroexcavadora per tal de fer una correcta neteja del solar i deixar el terreny més o menys anivellat. A la imatge 46 es veu com la màquina estava treballant per fer la neteja del solar.



*Imatge 46: Neteja i anivellament del TMC amb la retroexcavadora*

##### *Formació teòrica a l'equip de treball local per la producció dels blocs de terra (BTC's)*

Les sessions de formació es van dur a terme a les instal·lacions del centre "La Paix" i es va estudiar la teoria constructiva de la formació de blocs de terra comprimits, la seva funcionalitat específica, la producció d'aquests blocs amb la màquina Hydraform i com s'havia d'utilitzar el ciment, per tal de fer un petita addició als BTC's en la finalitat d'aconseguir més resistència mecànica al material.

També es van donar les formulacions i les quantitats de barreja que s'havia de fer per fer uns maons de bona qualitat.

Es van fer els assaigs pertinents per tal de comprovar la seva resistència. A les fotos de sota podem observar el Ramiro Muñoz i el Marc Sendrós (membres de la Fundació Lleida Solidària) donant les classes de formació als operaris burkinesos.





*Imatge 47: Formació teòrica per la producció dels blocs de terra comprimits*

*Aplicació de la producció de blocs (Adequació de la fàbrica):*

Per fer la implantació i la producció dels blocs, es va comprar una tenda de campanya que va ser utilitzada com a oficina i per emmagatzemar les petites eines de construcció. També es va instal·lar un contenidor, per guardar la maquinària i totes aquelles eines més pesades.

L'equip de treball va construir una rampa per tenir un accés més fàcil a l'hora d'abocar la terra a la màquina Hydraform, amb un cobert per a la protecció solar dels treballadors. Es va establir una zona per fer el curat dels blocs i una altra zona per fer l'acopi d'aquests.



*Imatge 48: Màquina Hydraform per la producció dels BTC's*

A les fotos següents, podem observar com els treballadors burkinesos van instal·lar la tenda de campanya i com feien la construcció de la rampa amb el seu cobert pertinent d'estructura metàl·lica, per fer ombra durant l'execució dels blocs comprimits de terra.



*Imatge 49: Instal·lació de la tenda de campanya i construcció de la rampa*

*La formació pràctica per a l'ús de la màquina Hydraform:*

Abans de començar amb la producció dels blocs, es van comprar totes les eines necessàries per dur a terme el procés de fabricació i un ferrer va fer un mesurador dels blocs i un tamís per la terra.

Durant aquell dia, tots els operaris van posar en pràctica el maneig de la màquina. Es va estudiar la selecció del sòl, la detecció del sòl i les dosificacions necessàries amb el ciment com addició al bloc de terra comprimit.

Un cop els operaris van aprendre la producció dels blocs, van realitzar un petit mur com a prova.



*Imatge 50: Posada en marxa de la màquina Hydraform i execució d'un mur de prova*

El primer bloc de terra comprimit es va realitzar el 30 de maig del 2013. Aquests blocs necessiten un temps de curat, és a dir, el material ha d'assecar-se per assolir la seva resistència necessària. Cada bloc pesa aproximadament 10 kg.

### Producció i emmagatzematge dels blocs de terra



*Imatge 51: Bloc de terra  
comprimit*

Durant els mesos de juny, juliol, agost i setembre del 2013, l'equip que va rebre la formació teòrica i pràctica, compost per 8 persones, va fer una producció de blocs amb un total de 39.696 BTC's. Tots aquets blocs van ser destinats per realitzar l'execució del mur perimetral de tot el solar del Training Medical Center.

Després de fer-se el curat corresponent, es va fer un acopi de tots els blocs elaborats durant aquests mesos. La zona d'emmagatzematge dels BTC's va ser dins del mateix solar del TMC.



*Imatge 52: Producció i emmagatzematge de tots els BTC's*



#### 4.2.2.- Construcció del mur perimetral del TMC

Des del 26 de setembre fins al 5 d'octubre del 2013, un equip de Emsimision conjuntament amb la Fundació Lleida Solidària van viatjar a Ouagadougou per tal de controlar la producció, la qualitat i la resistència a compressió dels blocs de terra comprimits que s'havien produït durant els mesos anteriors. El Ramiro Muñoz, expresident de la Fundació Lleida Solidària, era l'encarregat de supervisar totes les tasques de construcció que es feien al solar del TMC. Com podem observar en la imatge 53, el Ramiro Muñoz feia els assaigs pertinents per comprovar que els blocs tinguessin la resistència necessària.



*Imatge 53: Ramiro fent l'assaig als BTC's i un equip topògraf comprovant les cotes del terreny*

Durant aquests dies, les feines que es van realitzar van ser:

- Comprovar els valors de resistència característics dels blocs en una valor de 3 MPA, ja que va ser una valor molt satisfactori dels BTC's.
- Anivellament de tot el perímetre del terreny per tal d'iniciar la construcció del mur de tot el solar.
- Execució del mur a tot el perímetres amb els blocs de terra comprimits.

També es va portar a terme el procés de licitació per fer la construcció de tot el mur al solar del TMC, sol·licitant ofertes de tres empreses constructores. L'empresa guanyadora de la licitació va ser la WETIAN, ja que va fer una oferta molt més econòmica que les altres.

Durant els mesos d'octubre, novembre i desembre del 2013, l'empresa de construcció WEITAN va començar a realitzar la construcció del mur. Es va començar per fer la fonamentació a tot el perímetre del solar, amb una base de formigó de 400x400 mm. Cada tram del mur, es va lligar amb uns pilars i un cercol de formigó armat.



*Imatge 54: Execució de la fonamentació del mur perimetral al TMC*

Del 26 de desembre del 2013 fins al 5 de gener del 2014, es va realitzar una visita del seguiment de la construcció i es va definir amb el contractista tots aquells detalls dels pilars de formigó armat de 300x300 mm que van ser reforçats amb 4 barres de 10 mm i les corretges de 6 mm a una distància de 200 mm.

A la imatge 55, podem veure l'execució dels pilars de formigó armat, en que el Ramiro Muñoz i l'operari estan realitzant l'encofrat metàl·lic per després abocar-hi el formigó.



*Imatge 55: Execució del pilar de formigó armat*

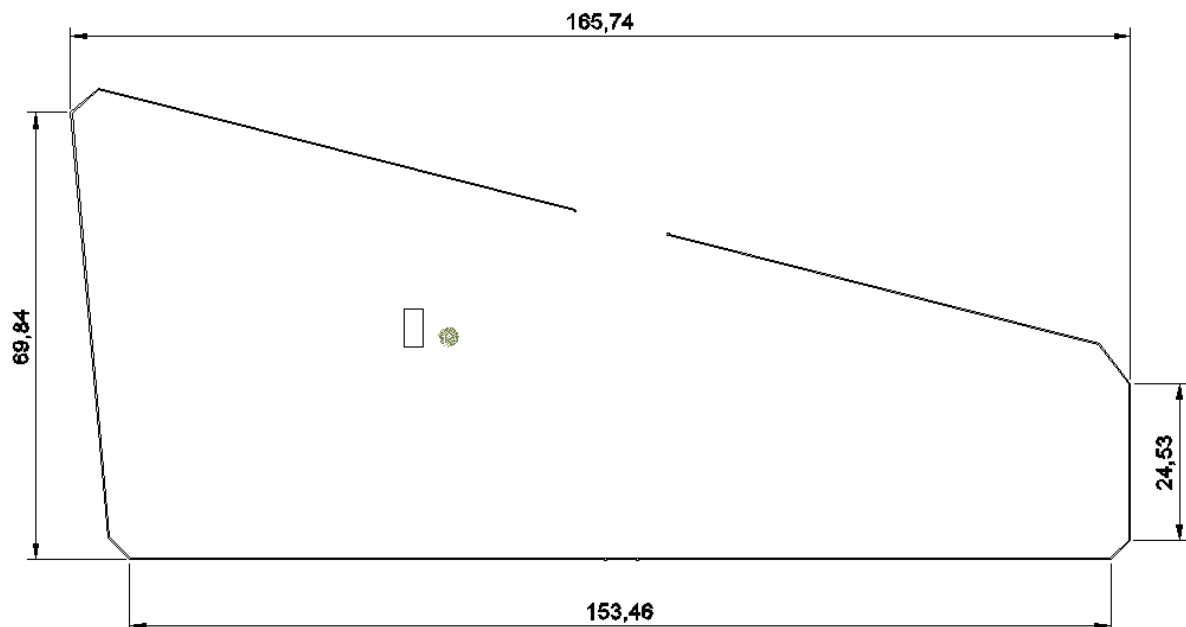
### 4.3.- Estat actual del Training Medical Center

Després de la construcció de tot el mur al perímetre del solar amb els blocs de terra comprimits, avui dia, es troba un solar totalment net i anivellat amb una porta d'accés al recinte, per tant, tenim un solar de 8.600 m<sup>2</sup> propietat de Emsimision.

Al solar hi ha un arbre i un container on es guarden totes les eines de construcció, on hi ha també la tenda de campanya desmuntada utilitzada com a oficina anteriorment. A continuació, es mostra una foto aèria del Training Medical Center i un plànol en planta de les mides del solar (mesures en metres).



*Imatge 56: Estat actual del Training Medical Center*



*Imatge 57: Plànol de la planta del solar amb cotes (cotes en metres)*



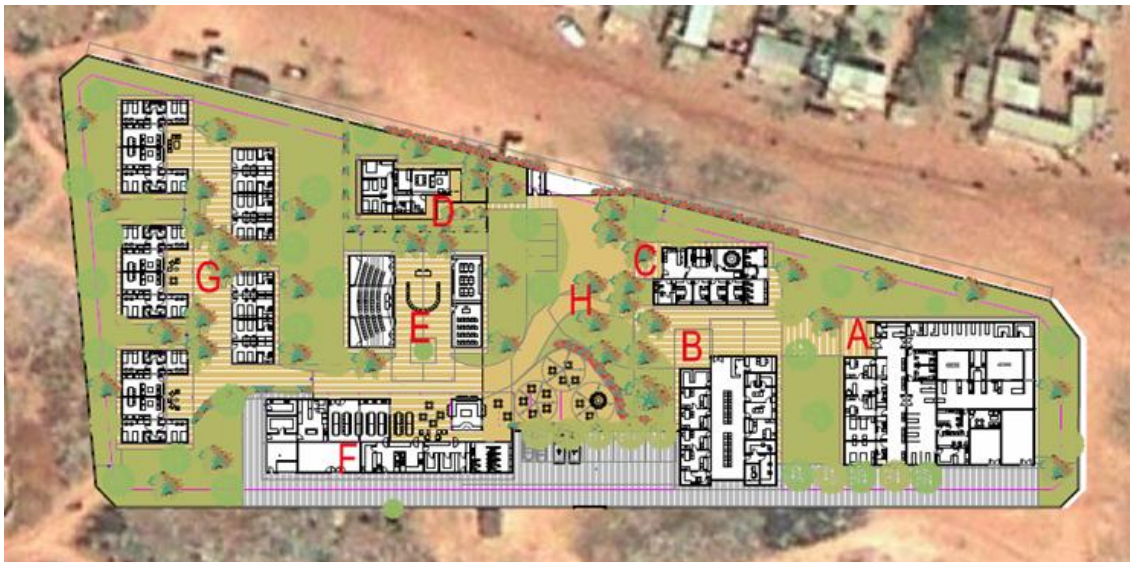


*Imatge 58: Vista de la fondària del mur de BTC*

#### 4.4.- Projecte bàsic del Training Medical Center

L'Eugènia Rodríguez i el Ramiro Muñoz, arquitectes de la ciutat de Lleida, han dissenyat el centre mèdic del Training Medical Center.

Tots dos han desenvolupat un projecte bàsic de tot el solar del TMC, amb l'objectiu de garantir la implantació d'un centre mèdic amb tots aquells serveis necessaris que els habitants de Boulmiougou no disposen. A la imatge 59 podem veure la distribució de les diferents zones del TMC.



*Imatge 59: Projecte bàsic del Training Medical Center*

Al damunt del plànol hi ha marcat amb lletres, les diferents zones del centre mèdic, amb el qual hi trobem diferents serveis i usos:

- A: Àrea assistencial: Hospitalització i cirurgia.
- B: Àrea assistencial: Consultes i odontologia.

- C: Àrea administrativa: Oficines Emsimision Burkina.
- D: Àrea residencial: Habitatge.
- E: Centre de formació.
- G: Àrea residencial: Allotjament d'equips.
- H: Pati d'accés principal.

Totes aquestes edificacions seran construïdes amb el blocs de terra comprimits, combinant altres tècniques constructives en materials locals del país.

#### **4.5.- Descripció de la proposta constructiva**

Tal i com s'ha explicat al principi, es tracta d'un projecte de construcció relacionat amb la Cooperació Internacional per al Desenvolupament en els camps de la recerca i de la transferència de coneixements. Aquest projecte serà executat amb la participació de la Fundació Lleida Solidària, (ONGD del col·legi d'aparelladors de Lleida), l'Associació Cultural sense Ànim de Lucre Domoterra Superadobe i l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Lleida, en col·laboració amb la contrapart local EMSIMISION.

El que es pretén realitzar amb aquest projecte, és fer la primera edificació al solar del Training Medical Center, amb el sistema constructiu del Superadobe o Earthbag. Aquest solar de 8.600 m<sup>2</sup>, està destinat per fer la construcció d'un centre mèdic, ja que molta gent de la població, exactament al districte de Boulmiougou, no disposen d'hospitals ni d'una mínima assistència mèdica. Per tant, amb el permís de la Eugenia Rodríguez, que ha desenvolupat tot el projecte bàsic de tot el centre mèdic, es construirà dins de la zona residencial, una petita part, amb aquest mètode que va desenvolupar l'arquitecte Nader Khalili.

L'objectiu és construir a la part superior de la àrea residencial (G), una aldea de diferents doms (mòduls en Superadobe), formant un pati interior per a que la gent pugui menjar i descansar dins d'ells.

A continuació, s'explicarà la proposta constructiva que es vol desenvolupar, ja que serà la primera edificació que es farà al solar del TMC, sent també una construcció ecològica i sostenible igual que el mur perimetral que es va construir amb els blocs de terra comprimits.



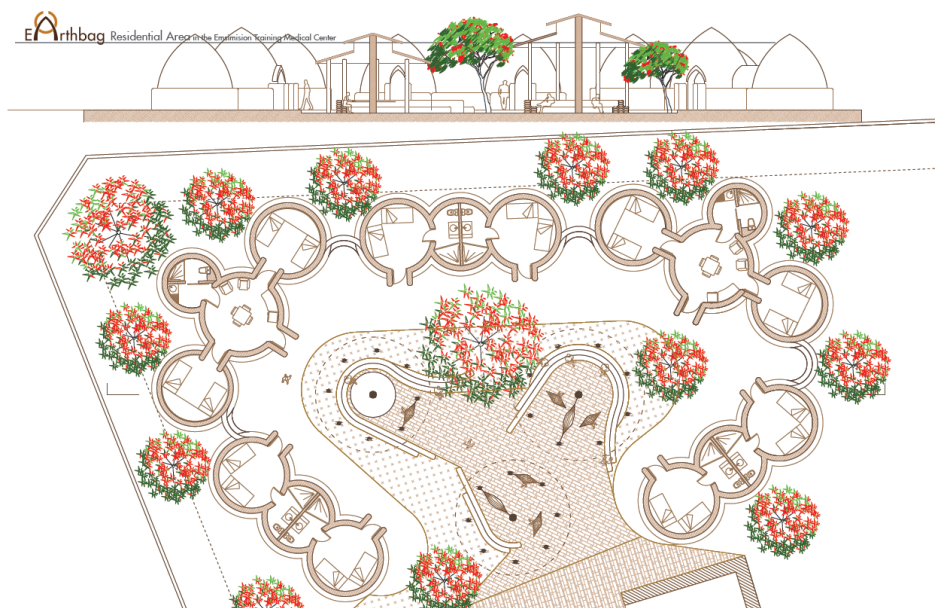


*Imatge 60: Modificació del projecte bàsic*

Com es pot observar en la imatge 60, s'ha marcat els 2 edificis que es volen suprimir, per tal de fer la implantació i construcció d'aquesta mini aldea de Superadobe, donant lloc a una zona residencial per a la gent que vingui a treballar al TMC.

Els 2 edificis suprimits, abasteixen a una totalitat de 16 persones, per tant, el disseny de tot el complex de l'aldea ha d'abastir també a un mínim de 16 persones o més, per tal de no perdre ocupació.

A continuació, es mostra la primera proposta del disseny d'aquesta zona residencial, donant lloc a una sèrie de construccions de diferents domos equipats amb dormitoris, banys i menjadors.



*Imatge 61: Àrea residencial amb el sistema constructiu Earthbag al TMC*

## **4.6.- Construcció amb sacs de terra**

### **4.6.1.- Breu història de la tècnica constructiva**

La idea de crear murs a partir de sacs de sorra es porta utilitzant des de fa uns cent anys. Al principi van ser utilitzats com Bunkers i per evitar inundacions, ja que són fàcils de transportar, ràpids de col·locar, econòmics i efectius. Per això es declara com un tipus de construcció efímera.

La construcció d'edificis permanents amb aquest tipus de material, és relativament recent. L'encarregat de popularitzar aquest tipus de construcció va ser l'arquitecte iraní Nader Khalili. A més a més de reprendre aquest tipus de construcció per fer edificis, va crear noves tècniques i va adoptar noves mesures per una major resistència. Entre filada i filada va posar filferro de quatre pues per fer l'estructura més resistent i solidària. Al principi va començar omplint els sacs amb sorres del desert, però després va decidir omplir-los de adobe creant grans blocs, donant una major resistència i estabilitat.

Nader Khalili va començar a publicar els seus treballs a periòdics i revistes, i va començar a fer conferències sobre aquest sistema constructiu. Molta gent que anava a les conferències o cursos que impartia ell, va donar la iniciativa a molts per fer construccions pel seu compte.

Joe Kennedy, va suggerir que els sacs es podien omplir amb diferents materials extrets de la terra.

Paulina Wojciechowska, va ser la primera en publicar un llibre complet sobre la construcció amb sacs plens de sorra.

La construcció amb sacs de sorra és única a quant a aïllament i massa tèrmica, ja que depenent dels materials que es posin dins el sac podem obtenir diferents resultats, des de una roca calcària per aïllar, fins adobe per guanyar massa tèrmica, passant per graves, grans d'arròs,...

La seguretat és una qüestió molt important i molts dels experiments fets, han estat realitzats a Califòrnia per Nader Khalili, on hi ha molts terratrèmols i s'ha comprovat que tenen un gran comportament sobre moviments sísmics. També s'ha realitzat assaigs sobre neu, terratrèmols i el comportament va superar l'establert amb un 200%.

És difícil saber el nombre de vivendes d'aquest tipus que s'han construït fins ara, però s'ha demostrat que és un tipus de construcció perfectament resistent i que satisfà les necessitats mediambientals que avui dia es planteja i es basa amb l'autoconstrucció i requereix un baix cost d'execució.

#### 4.6.2.- La fonamentació

En primer lloc, s'ha de seleccionar un espai per construir la vivenda i pensar amb el drenatge del terreny, per tal que l'aigua no s'acumuli a cap lloc.

Un cop decidit el lloc adequat, si la construcció consisteix amb l'execució d'un domo (vivenda de forma circular amb Superadobe, acabada amb forma de cúpula), instal·larem el compàs central al centre de la planta, clavant-se en aquest punt una estaca que estarà allí durant tota l'execució. S'usarà un fil, una corda o una cadena i amb el radi de la circumferència marcarem tot el perímetre del domo. Un cop marcat el perímetre es procedirà a la retirada de terra vegetal i a la explanació del terreny.

Usant el compàs central, es marcarà el diàmetre interior i l'exterior del mur. També es marcarà l'entrada, o entrades a la vivenda per a disposar d'una major secció en la fonamentació ja que té que suportar la càrrega del forat de l'entrada.

Classificant la fonamentació segons els materials que s'utilitzin, podem trobar diferents tipus: els més comuns és la base de graves que es deposi-te'n sobre la rasa excavada.

A les zones on el terreny no dreni bé, és aconsellable posar abans del material de fonamentació, una malla de filferro per a que el terreny no es mescli amb la fonamentació. Aquestes graves poden mesclar-se a la seua vegada amb sorra per a que no quedin forats lliures.



*Imatge 62: Rasa circular per la fonamentació amb drenatge en pedres*

També és usual en aquest tipus de construcció, que la fonamentació sigui amb pneumàtics, que a més de ser una material reciclat, té un bon comportament davant inundacions o sismes.

La fonamentació sol ser soterrada, encara que també es pot donar el cas que arranqui directament sobre la rasant del terreny. Amb les imatges anteriors, podem observar que la fonamentació és soterrada a uns 50 cm aproximadament, sota rasant.

#### 4.6.3.- Els sacs

Al principi els sacs estaven fets de materials molt menys resistents, però avui dia, els sacs més utilitzats són de polipropilè, donat que la resistència és molt més alta.

A quant el material que es posa dins el sac, hi ha moltes varietats:

El més raonable és utilitzar materials que es trobin al nostre alçament-se, relativament a prop. El menys aconsellable és utilitzar sorra del desert ja que al tenir un gra tant fi, una petita ruptura del sac pot fer que es perdi molt material, a més, l'estructura amb aquest tipus de material és menys estable.

El més adequat seria utilitzar com a material per omplir els sacs, el de la pròpia excavació, ja que així s'aprofita la terra que es treu. Quant més fi sigui el gra hi haurà menys aire i major massa tèrmica. Si el que volem és que el mur tingui la funció d'aïllar tèrmicament s'utilitzarà, per exemple, roques volcàniques.

També es pot mesclar la terra de l'excavació amb graves, tenint així un material amb més consistència, ja que el comportament d'un mur amb aquestes característiques, seria igual que l'anterior, amb una gran massa tèrmica.

Hi ha un exemple d'aquest tipus de construcció a les Bahamas, que s'utilitza sorra de la platja mesclada amb trossos de coral, aportant la mateixa solució de massa tèrmica que amb els casos anteriors. Per una altra part, per adquirir massa tèrmica, també es pot utilitzar com a material la mescla de terra amb materials argilosos, creant així, uns sacs més consistents i de major duresa. Aquesta idea però més elaborada, es troba als sacs anomenats de superadobe, amb el que s'utilitzen sacs continus plens de adobe, apareixent-se així als blocs de adobe amb una gran resistència i massa tèrmica.



*Imatge 63: Sac de polipropilè transpirable*



Quant el que es busca no és massa tèrmica, sinó aïllament, és a dir, quant en general el clima és fred i no volem que penetri a l'interior de la vivenda, i a més el calor que es generi dins no sigui absorbit pels murs, el material a utilitzar ha de ser de menor densitat i amb major nombre de forats entre ells simulant així una cambra d'aire, aconseguint que l'aire que circula per l'interior, aïlli l'espai interior de l'habitatge.

Un material molt adequat amb aquestes ocasions és la roca volcànica, ja que té baixa densitat i un gran nombre de buits.

A part del tipus de material amb el que s'ompli el sac, també hi ha diferents tipus en quant al tamany, el més assequible per a una construcció amb poc personal i de petita dimensió, és recomanable la utilització de sacs de petites mesures ja que serà més manejable. Per a grans construccions s'aconsella tamanyes majors, ja que l'execució és més ràpida i els sacs queden més estables.

Un cop col·locada la primera filada de sac, aquesta és compactada amb un picó per a que quedi ben estable, compacte i resistent. Després de cada filada s'ha de col·locar una tira o dues de filferro de quatre pues depenent del diàmetre, per a que hi hagi una unió amb les filades consecutives.



*Imatge 64: Compactació del sac i col·locació del filferro de 4 pues*

Una altra forma d'unir les files dels sacs, és a base de clavar redons d'acer corrugat a les primeres filades, quedant els sacs completament units, no solament entre si, sinó que a més a més units al terreny. Depenent del lloc on es produeixi la obra i la quantitat d'acer a utilitzar, és podria usar acer reciclat d'altres obres.

#### 4.6.4.- Murs

La tipologia dels murs pot variar depenent de la funció que tinguin els sacs com a element constructiu. Els sacs es poden utilitzar com a tancament i/o com a estructura formant part dels murs o formant part de la vivenda. També són utilitzats per a envans interiors donant molt bons resultats estètics.

En un primer moment la funció dels sacs era estructural, englobant també la coberta, però té limitacions, ja que per aquest tipus de construcció d'estructura autoportant, ha de centrar-se amb formes circulars o apuntada, variant l'angle de la coberta amb el compàs d'altura.

Al llarg dels anys s'han experimentat diferents tipologies constructives amb sacs plens de sorra, per tant, la tipologia principal d'aquest tipus de construcció, és la successió de files concèntriques circulars que cada cop són de menys diàmetre fins arribar a tancar el conjunt.

Amb segon lloc, es poden utilitzar els sacs plens de sorra en funció estructural, però amb diferents materials per a l'acabat de la coberta, podent crear d'aquesta manera la forma de la planta que un vulgui. El més usual és utilitzar la fusta per a la construcció de la coberta.

Amb el cas d'utilitzar els sacs de sorra com a tancament i no com a element estructural, existeixen diferents tipus d'elements estructurals que podrien ser incorporats, estructura de pilars de fusta o de formigó.

D'aquesta manera la funció dels sacs de sorra seria simplement la de proporcionar massa tèrmica i tancar el conjunt, en canvi, la coberta pot ser amb sacs o amb una altra tipologia constructiva, com podria ser la fusta. Es poden mesclar diferents tipus de tancaments, com per exemple: bales de palla amb sacs de sorra, taulons de fusta,...

En quant al impermeabilitzant dels murs, es sol posar des de la fonamentació fins la segona o tercera filera sobre el terreny, encara que el propi material dels sacs (polipropilè) impermeabilitza, però per major seguretat, s'afegeix algun tipus d'impermeabilitzant.



*Imatge 65: Col·locació del plàstic impermeabilitzant*

#### 4.6.5.- Obertura de forats

L'obertura de forats per fer les portes o les finestres és molt versàtil, acceptant variants que resulten inclús com a "caseres".

Per crear la petita contenció necessària al voltant del forat, l'ideal és utilitzar fustes fixades mitjançant cargols, que a posteriori es puguin col·locar els marc pertinents.

En cas de buits corbs, es pot construir un encofrat sobre el qual es disposin els sacs de sorra plens i que funcioni com arc també és una solució òptima i de senzilla execució.

A mesura que s'avança verticalment amb les fileres de sacs plens de sorra, es poden introduir uns ancoratges metàl·lics cada 50 cm, sent una mesura òptima.

Amb el cas d'obertures amb forma d'arc, es col·locarà un encofrat de fusta o metàl·lic, ja que, si s'efectua amb els sacs adequats i es compacta com es degut, s'adquireix una estabilitat d'una forma sorprenent. Amb les següents fotografies, es pot observar un cas de finestra amb forma d'arc, executat mitjançant un encofrat de fusta i un altre cas, de finestra quadrada executada amb una llinda de fusta.



*Imatge 66: Col·locació de finestres amb forma d'arc i finestres quadrades amb llindes de fusta*

Les finestres es poden solucionar amb forma d'arcs, sinó, la disposició d'una llinda de fusta és la més efectiva construir finestres de secció quadrada.

Totes aquestes solucions explicades anteriorment són de fàcil execució, sense cap tipus d'adherent, només juntes seques i modulars, amb efectivitat per poder tutelar a qualsevol amb la seva execució.

Amb situacions on els mitjans són limitats, els límits els estableix la imaginació, donada la facilitat del muntatge.



#### 4.6.6.- Instal·lacions

Les instal·lacions varien enormement segons la tipologia i el pressupost, però el primordial, és saber que amb aquestes construccions és pot utilitzar qualsevol tipus d'instal·lació. Amb el cas de la ventilació i la sortida de fums de la vivenda s'utilitzaran obertures superiors.

Per a l'entrada de les canonades i la instal·lació elèctrica, es col·locaran entre filada i filada, tubs de polipropilè amb el cas de no poder reciclar tubs de PVC.

Els forats que quedin sobre la estructura s'ompliran amb material aïllant o àrids després de la posada de les instal·lacions.



*Imatge 67: Tub d'extracció de fums i Tubs de PVC per fer el pas d'instal·lacions*

#### 4.6.7.- Cobertes

La coberta pot ser executada de diferents maneres, amb el cas amb sacs de sorra, les fileres de sac és van col·locant amb cercles que van reduint el seu diàmetre fins que la coberta és tanca per complet aguantant així el seu pes propi. Si es vol, a la part superior es posa un tub de ventilació cobert per evitar l'entrada de l'aigua i afavorir la ventilació.

Amb algun cas, es poden donar suport a les files de sacs de sorra sobre una estructura de fusta per fer diferents formes o perquè aquesta suporti més.

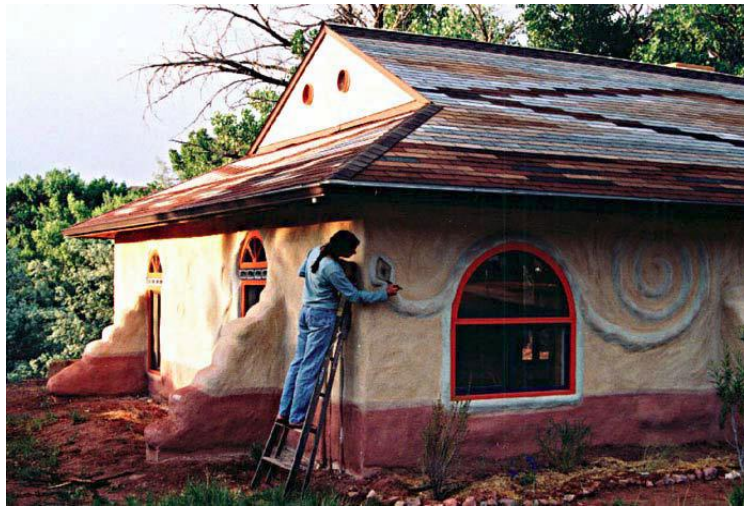
Amb el cas que l'estructura sigui a base de pilars de formigó o de fusta, la coberta pot tenir qualsevol tipologia tradicional.

Sobre la coberta de fusta pot anar teula ceràmica, palla, fusta,...qualsevol material de construcció que ens podem trobar a les obres convencionals.

#### 4.6.8.- Acabats

Finalment, quant l'estructura s'acaba i es deixa reposar durant un temps fins que assoleixi la resistència idònia, és revesteix l'edifici exteriorment i interiorment, això es pot fer amb diferents materials, des del tradicional fang, en el qual caldria fer la capa de sacrifici que aniríem perdent i caldria anar reposant i mantenint de tant en tant, fins fer una arrebossat amb un morter de calç o de ciment.

Per acabar, es pot pintar la superfície amb diferents tipus de pintures encara que la més aconsellada és la feta a base de pigments naturals.



*Imatge 68: Pintura amb pigments naturals*

## 4.7.- Tècnica constructiva del Superadobe o Earthbag

### 4.7.1.- Composició del sòl

Quan volem fer alguna edificació amb Superadobe o Earthbag, el primer que s'ha de fer, és tenir un solar per poder fer la construcció pertinent. Un cop tenim el solar, s'ha d'estudiar i analitzar el lloc del solar on es vol construir la vivenda. Per tant, podríem dir que la primera fase constructiva amb el sistema Superadobe seria estudiar el tipus de sòl que hi trobem al nostre solar, tant per fer la fonamentació com per utilitzar la mateixa terra del terreny per fer la estructura del nostre habitatge.

Amb aquest apart, parlarem de la composició del sòl que ens podem trobar en qualsevol terreny.

Primerament, tot tipus de sòl està format per roques, àrids i argiles i dins del àrids hi trobem la grava, les sorres i els llims inorgànics. A continuació, es mostra una taula amb la classificació granulomètrica de les partícules del sòl.

Partícula	Mesura
Argiles	< 0,002 mm
Llims	0,002 – 0,06 mm
Sorres	0,06 – 2 mm
Graves	2 mm – 6 cm
Còdols	6 – 25 cm
Blocs	> 25 cm

*Taula 2: Classificació granulomètrica del sòl*

En qualsevol terreny que vulguem construir ens trobarem a tots o alguns d'aquests materials:

#### Roques

Segons la Normativa Bàsica vigent a Espanya que classifica els terrenys de cimentació, és la LOE DB SE-C 1999, amb el qual, les roques són formacions geològiques sòlides amb elevada resistència a la compressió.

### Àrids

Els àrids són pedres amb una mida més petita i tenen la següent classificació segons la seva mida:

- Graves: Són major de 2 mm. (S'utilitzen per fer els drenatges de la fonamentació del domo).
- Sorres grosses i mitjanes: Entre 2 i 0,2 mm. (S'utilitza per fer la mescla).
- Sorres fines: Entre 0,2 i 0,06 mm. (Arena molt fina, com la de la platja).
- Llims inorgànics: Menors de 0,06 mm. (Pareix argila però no ho és; és una roca de mida microscòpic).

També podem classificar els àrids segons la seva composició química:

- Quarsosos: El material principal predominant és el quars. Ex: Arenisca de Carache, Venezuela.
- Silíce: Quant els materials predominants són els silicats o feldespats, com la sorra del riu.
- Calcàries: Quant el material predominant és la calcària.

### Argiles

L'argila està constituïda per agregats de silicats d'alumini hidratats, procedents de la descomposició de minerals d'alumini, originada en un procés natural que dura desenes de milers d'anys. Presenta diverses coloracions segons les impureses que conté, sent blanca quan és pura. En la fracció textural de l'argila pot haver partícules no minerals, els fitolitos.

A la naturalesa trobem 2 tipus d'argila:

- Argila sedimentària: Es forma quant les roques són desgastades per l'acció del sol, el vent i l'aigua i és transportada a través de rius i es col·loca com a fina argila a la base de les muntanyes.
- Argila residual: Es forma mitjançant el mateix procés, però no és transportada, resultant una fina argila on abans hi havia roques.

Per tant, en qualsevol terreny o solar, hi trobarem aquestes gran famílies que hem vist: les roques, els àrids i les argiles. Com veurem més endavant, cada material és utilitzat per una finalitat diferent.

#### 4.7.2.- Assajos sobre el terreny

Abans de començar amb la nostra construcció, hem d'analitzar la terra que ens trobem sobre el nostre solar per veure si la podem aprofitar per fer l'aixecament de la nostra estructura.

Primerament, agafarem una mostra del nostre terreny, s'ha d'agafar la terra a una profunditat d'uns 60-80 cm aproximadament, per no agafar "lodos" superficials ni substrat vegetal. Es pot analitzar la mostra manualment:

- Una mostra que contingui argiles, embrutarà la mà al comprimir-la.
- Una mostra de terreny arenós deixarà la mà neta al sacsejar els grans enganxats.

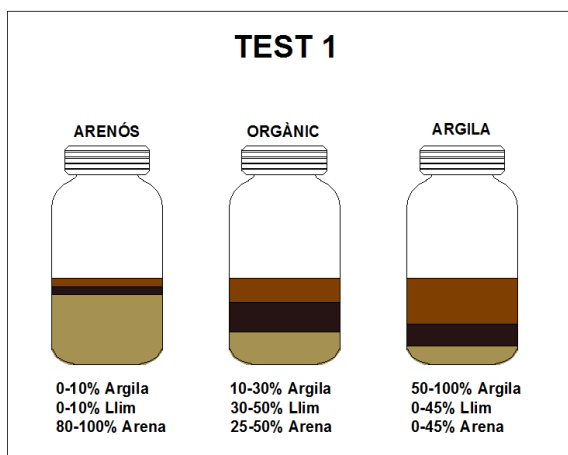
Les sorres atorguen força a la mescla i les argiles cohesió, per tant, una mescla en teoria "ideal" que no necessitaria estabilitzar-se seria de 60-70% de sorra + 30-40% d'argila.

Amb un terreny molt argilós podem modelar en la mà cilindres de 3 cm de gruix i comprovar la seua flexibilitat. A major flexió, major proporció d'argila tindrà.

A continuació, s'explicarà els diferents assaigs que es poden fer amb la mostra de terra, és a dir, és imprescindible fer un estudi de la terra que utilitzarem per fer la nostra edificació.

##### Test 1

Un cop hem agafat la mostra, es farà un anàlisi per decantació, deixarem reposar la mostra dissolta en aigua durant 2 dies i després s'estudiarà la seva composició. Les partícules mes pesades quedaran a sota i les més lleugeres a dalt. Amb la següent imatge podem observar els diferents tipus de terra que ens podem trobar.



Després es faran les proves amb diferents quantitats de calç o ciment ( 5% a 15% ) per veure quina és la millor combinació per construir el domo.

*Imatge 69: Assaig per decantació del sòl*

### Test 2

Amb aquest assaig, ens indicarà l'índex de contracció que presenta la nostra mostra, per tant, per conèixer l'índex de contracció de la mostra (quant aquesta conté una alta quantitat d'argila) farem una tableta i dibuixarem una línia de 10 cm al damunt.

La deixarem assecar uns dies i mesurarem la línia que vam dibuixar prèviament, per saber quants centímetres s'ha escurçat. Per exemple, 5 mm sobre 10 cm, ens indicaria un índex de contracció del 5%.

Aquesta prova es farà amb terra estabilitzada i sense estabilitzar, per comprovar la millora d'aquest índex de contracció.

### Test 3

Amb la mostra, es faran diferents combinacions de terra/sorra i estabilitzant (5, 10 i 15% aprox.) per trobar de forma empírica quina és la combinació més adequada.

És molt important que cada mostra estigui marcada amb l'origen de la terra utilitzada, data i % de cada material incorporat, per saber després quina fórmula s'ha aplicat.

Les mostres ja assecades i curades, es sotmetran a assaigs de torsió i compressió per veure la seva resistència, raspadura i duresa, per observar la major o menor pèrdua de gra.

Finalment, es submergeixen a l'aigua durant 2 dies, com a prova final de la seva idoneïtat.

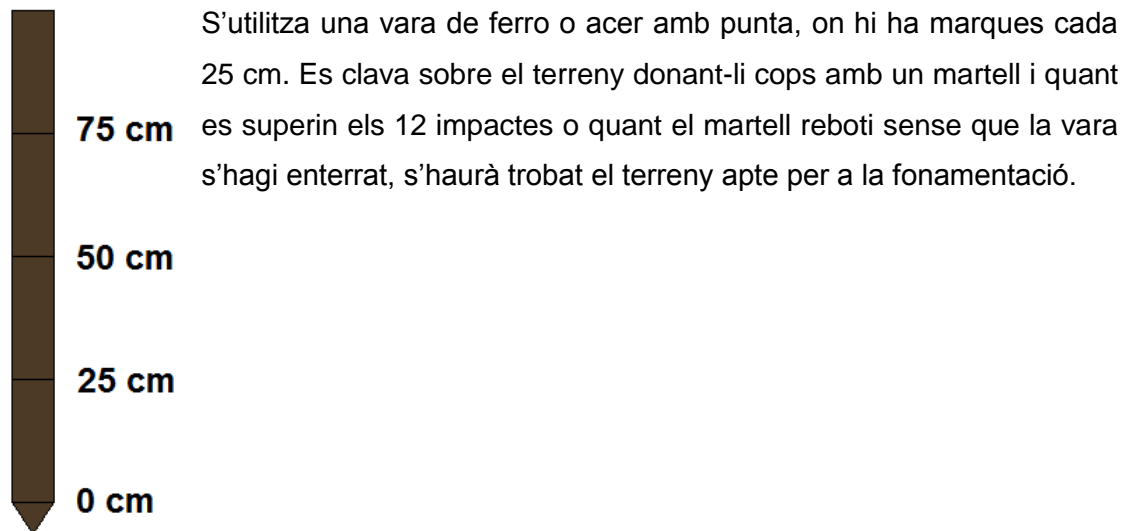
### Test 4: Fonamentació amb terrenys trencats

No tots els terrenys són aptes per a la fonamentació, és a dir, mai fonamentarem amb terrenys excessivament arenosos com per exemple, una platja o en terrenys d'argiles expansives, sense l'ajuda de professionals (geòlegs i arquitectes) i mai es construirà sobre terrenys inorgànics, runes i terrenys orgànics.

Amb terrenys que hagin estat zona de cultius, l'estrat superficial de la terra està molt remoguda i airejada, per tant, la terra és porosa i conté aire al seu interior, però a cota 1,5 metres de profunditat aproximadament, el terreny és més compacte i fins i tot canvia de color.

Per assegurar-se d'una correcta fonamentació del dom, es pot utilitzar un mètode senzill utilitzat per geòlegs que a continuació s'explicarà, per saber on es troba l'estrat apte per la fonamentació.





*Imatge 70: Dibuix d'una vara per la fonamentació*

#### 4.7.3.- Estabilitzants

Casi qualsevol sòl es pot utilitzar per a construir, si se li afegeixen unes substàncies anomenades estabilitzants. L'estabilització aportarà major resistència i durabilitat a la construcció, amb el nostre cas, la terra.

És important elegir l'estabilitzador més adequat en cada cas. Les 2 grans famílies dels estabilitzants són:

- La calç.
- El ciment.

Els més utilitzats són la calç aèria, calç hidràulica, ciment blanc i el ciment portland, depenent del tipus de sòl i la disponibilitat dels materials, encara que, la calç serveix per tots els tipus de sòls.

Els terrenys argilosos, (30-40% o més d'argiles) són estabilitzats amb calç i els terrenys arenosos (70-80% de graves, arenes i llims) són estabilitzats amb calç o ciment.

És molt important recordar que l'ús de la calç és molt més ecològic que l'ús del ciment. Fins no fa massa temps, a la nostra societat tradicional, la calç tenia múltiples aplicacions tant a la construcció com a l'agricultura i la ramaderia, però fins i tot a la medicina. La calç també era usada pels menestrals, i sobretot, per emblanquinar de manera que a totes les cases hi havia un racó reservat per l'alfàbia de la calç.

Davant aquest important consum, era del tot necessària una gran producció, i aquesta es duia a terme enmig de boscos i garrigues, en els forns de calç on, a base de foc de

llenya, es convertien les pedres amb calç. Però a la meitat del segle XX, la calç va començar a ser arraconada i substituïda per ciments i pintures. A continuació, es s'explicaran aquestes dos grans famílies com és la calç i el ciment, que són els estabilitzants que s'utilitzen per construir amb la tècnica del Superadobe o Earthbag.

### **La calç**

La calç és el producte que s'obté calcinant la pedra calcària (carbonat càlcic) per baix de la temperatura de descomposició de l'òxid de calci, desprenent el anhídrid carbònic. Amb aquest estat es denomina calç viva (òxid de calci) i s'apaga sotmetent-la al tractament d'aigua, llavors s'anomena calç apagada (hidròxid de calci).

La calç és una base molt forta i té un Ph de 12,5. Es pot armar amb bambú o acer inoxidable, ja que corroeix els metalls. És abrasiva i desinfectant.

### **Tipus i classificació de calç**

Existeixen dos grans famílies de la calç:

- Calç aèria: < 5,3% en argiles. Són altament calcàries quant el contingut en calç és superior al 90%.
- Calç hidràulica: > 5,3% en argiles. Són altament hidràuliques quant el contingut en calç és inferior al 50%.

### **Calçs aèries**

Són calçs constituïdes principalment per òxid o hidròxid de calci que endureixen lentament a l'aire, baix l'efecte del diòxid de carboni present amb el aire. En general, no endureixen baix l'aigua, perquè no tenen propietats hidràuliques. Poden ser calçs vives o calçs hidratades:

- Calç viva, Q: Calç aèria constituïda principalment per òxid de calci i de magnesi, produït per la calcinació de calcària. Les calçs vives tenen una reacció exotèrmica amb contacte amb l'aigua. Les calçs vives es presenten en diferents granulometries que van des de tarrons fins a material finament mòlt.
- Calç càlcica, CL: Constituïda principalment d'òxid de calci o de hidròxid de calci, sense addició de materials putzolànics o hidràulics. La calç dolomítica, constituïda principalment per òxid o hidròxid de calç i de magnesi, sense addició de materials putzolànics o hidràulics.
- Calç hidratada, S: Calç aèria, càlcica o dolomítica resultant de l'apaga't controlat de les calçs vives. Es produeixen en forma de pols seca, de pasta o beurada.

Al mateix temps, les calçs dolomítiques poden ser semi hidratades o totalment hidratades.

### Calçs hidràuliques naturals

Les calçs hidràuliques naturals, NHL són produïdes per la calcinació de calcàries més o menys argiloses o silícies amb reducció a pols mitjançant apagat.

Poden està parcialment hidratades o apagades, en pols i que a més de fraguar i endurir amb el aire, ho fan baix l'aigua. El diòxid de carboni present a l'aire contribueix igualment al procés d'enduriment.

### Condicions ambientals

La calç aèria és un conglomerant compost per hidròxid de calci, que amb un cert grau d'humitat i entrant en contacte amb l'aire, es combina amb el CO<sub>2</sub> i es forma el carbonat càlcic. Aquest tipus de conglomerants tenen l'inconvenient de tenir un procés de carbonatació bastant lent a l'interior d'un morter de ciment. Aquest procés també depèn de les condicions ambientals que hi hagi al seu entorn .

El procés de carbonatació té una baixa velocitat degut a l'adició del CO<sub>2</sub> al penetrar des de l'exterior amb la dissolució de l'aigua, per tant, es necessita un cert grau d'humitat perquè la mescla sigui òptima. Si la humitat relativa supera el 85% o és inferior al 40% es produeix una forta disminució en la velocitat de la reacció.

Per tant, la velocitat de carbonatació serà màxima quant la humitat relativa estigui entre el 50% i el 70% i la temperatura ideal serà quan oscil·li entre els 30 i els 7 graus centígrads.

Per a la calç hidràulica, les temperatures superiors als 12 °C el fraguat serà als 7 dies i per una temperatura menor, el procés serà un poc més lent.

Cal destacar també que, a una temperatura inferior als 8 °C, el procés de fraguat es parerà i no s'ha d'exposar mai un morter de calç a un cicle de gelades continues, ja que es pot tornar sense utilitat.

## **El ciment**

El ciment és un conglomerant hidràulic artificial de naturalesa inorgànica (conglomerant hidràulic significa que endureix barrejat amb l'aigua). És un dels materials de construcció més importants que hi ha i gairebé mai s'utilitza sol. Quant el ciment es barreja amb aigua i àrids es forma el formigó. Quant es vol fer morter de ciment, es fa amb el mateix procés però amb àrids més fins.

A continuació, es nombraran el tipus de ciments més comuns que podem trobar al mercat de la construcció:

*Ciments amb addicions:* Ciment pòrtland als quals s'han agregat altres substàncies, en proporció superior al 5%, per tal de millorar-ne les propietats o reduir-ne el cost. Les substàncies afegides al ciment en proporcions menors del 5% s'anomenen additius. Les addicions més habituals són el filler calcari (roca calcària mòlta) i les addicions formades per sílice en estat amorf (microsílice, escòries d'alt forn i cendres volants).

*Ciment d'aluminat càlcic:* Format per calcàries i bauxites. Adquireix resistència en un termini més curt que el ciment pòrtland, però aquesta resistència disminueix amb els anys, sobretot si l'elaboració del formigó o les condicions ambientals no han estat les adequades a aquest tipus de ciment. A més, la protecció química que ofereix a les armadures és molt inferior a la que ofereix el ciment pòrtland. Actualment està molt restringit el seu ús en estructures.

*Ciments naturals:* Són ciments formats per clinquerització de roques, en què de forma natural es troben barrejats el carbonat de calci i els silicats. En distingim els ràpids i els lents:

- *Ciment natural ràpid o ciment ràpid:* Endureix en qüestió de minuts i pastat només amb aigua (sense àrids) es fa servir com un morter de poca resistència per treballs en què sigui útil aquest enduriment ràpid, com ara les arestes per fer un arrebossat.
- *Ciments naturals lents:* Tenen propietats semblants al pòrtland però amb menys qualitat (sobretot una resistència inferior). S'havien fet servir com a alternativa més econòmica al ciment pòrtland, sobretot en fonaments, però actualment han caigut en desús.

Ara parlarem del ciment pòrtland ja que és el ciment més utilitzat a la construcció, per tant, s'explicarà el procés de producció i el tipus de ciment que hi trobem al mercat.

### Producció del ciment pòrtland

Les matèries primeres del ciment pòrtland són la calcària ( $\text{CaO}$ ), sílice ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), i òxid de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Aquests components es combinen apropiadament per produir els diferents tipus de ciment pòrtland. Les matèries primeres seleccionades són moltes, i es barregen en proporcions idònies per aconseguir la composició desitjada.

Després, la barreja es manté en un forn rotatori on s'escalfa a temperatures entre 1400 i 1650 °C. En aquest procés la barreja es converteix químicament en un ciment endurit (clíner) que seguidament es fa refredar i es polvoritza. S'afegeix una petita quantitat de guix al ciment per tal de controlar el temps de preparació del formigó.

### Tipus de ciment pòrtland

*Tipus I:* És el ciment pòrtland normal per ús general. S'utilitza on el formigó no és exposat a un gran atac de sulfats de l'aigua o del sòl, o on no es produirà un increment important de la temperatura degut al calor generat per la hidratació del ciment. Aplicacions típiques del formigó del tipus I són voreres, edificis, ponts, clavegueram i embassaments de formigó reforçat.

*Tipus II:* S'utilitza en llocs on pugui existir un atac moderat de sulfats, com les estructures de desguàs on les concentracions de sulfat en aigües residuals són més grans del normal.

*Tipus III:* Aquest ciment és un tipus de ciment de resistència prematura que desenvolupa grans resistències en un període curt de temps. S'utilitza quan els encofrats o motlles del formigó es trauran ràpidament.

*Tipus IV:* És un ciment de baix calor de hidratació que s'utilitza quan la quantitat de calor ha de ser mínima. El tipus IV de ciment pòrtland es reserva per estructures massisses de formigó.

*Tipus V:* És un ciment que s'utilitza quan el formigó està exposat a elevats atacs de sulfats com el formigó exposat a terres i aigües residuals amb alt contingut en sulfat.

També trobem alguns derivats del ciment, com ara:

- El ferrociment, és un material compost de morter i xarxa de filferro.
- El fibrociment, és un material compost de morter i fibres. Actualment l'ús de fibrociment d'amiant està prohibit.

#### 4.7.4.- Fonamentació i drenatge

El primer pas que s'ha de fer després d'analitzar i estudiar el terreny, és fer una rasa per fer la edificació. Aquesta rasa per la fonamentació ha de ser d'una amplada a la del sac compactat més 5 o 10 cm per cada costat, per tal de fer un correcte drenatge lateral.

La profunditat de la rasa serà la de 2 o 3 sacs compactats més uns 20 cm per fer un drenatge amb pedres.

La execució de la rasa ha de quedar completament anivellada i compactada abans d'instal·lar el sistema de drenatge i/o el ciment, independentment de que el terreny pugui tenir qualsevol inclinació natural.

Un cop tenim la rasa feta tal i com s'ha explicat anteriorment, es col·locarà un sistema de drenatge amb pedres i grava, amb una altura d'uns 20 cm aproximadament, amb l'objectiu d'evitar que la humitat pugi per capil·laritat. El drenatge, serà més complex amb funció de les condicions d'humitat del lloc on construïm. Posteriorment, es col·locaran 2 o 3 filades de sac per baix del nivell del terra, amb la finalitat de transmetre les càrregues al terreny. El superadobe d'aquestes filades de fonamentació seran estabilitzats en un 5-10% més que la resta de la estructura.

Després d'aixecar la primera filada de mur i contrafort, es cobrirà la base amb una membrana impermeabilitzant ( tela butílica, epdm, plàstic de hivernacle...) per tal de protegir el mur de la humitat per capil·laritat. La col·locació d'aquesta membrana s'ha de fer amb molta cura per tal de no foradar el plàstic.

L'aigua que pugui arribar a la base del nostre domo, és d'infiltració lenta, per tant, la podem evacuar mitjançant un sistema de drenatge per sota de la fonamentació, evitant així acumulacions d'aigua i condensacions sobre el terreny.

Abans de fer la instal·lació del drenatge s'estudiarà el terreny i s'anivellarà la zona de la edificació, evitant llocs on es puguin produir tolls. Si existeix alguna pendent natural l'aprofitarem per evacuar les aigües de la cota més alta a la més baixa.

Un altre punt a tenir en compte, si estem construïm en climes plujosos li podem una petita pendent a l'exterior de la construcció, amb l'objectiu d'evitar que l'aigua es centri a baix dels murs. Es col·locarà un material protector resistent a la humitat, a l'exterior del mur, a més a més, de col·locar la pertinent membrana d'impermeabilització.



#### 4.7.5.- Sistemes passius de climatització

Abans de començar a fer la construcció amb el Superadobe, es mirarà l'orientació del lloc per tal d'aprofitar les hores de sol, tenint així un escalfament natural de la casa.

Orientarem el domo segons les estances que tingui: el dormitori i les zones més habitables es posaran a la cara sud i les zones com el lavabo i la cuina es situaran a la cara nord. Els dormitoris podrien situar-se a la cara oest, amb l'objectiu de rebre la calor del sol per la tarda.

Si hi ha algun vent predominant, evitem col·locar la porta d'entrada o alguna de les finestres en aquesta cara.

Per fer una correcta orientació respecte al sol es farà:

- La diferència entre el nord solar i el nord magnètic és d'uns 5° de diferència i canvia cada any. Si es vol determinar el nord solar exacte, es clavarà un pal al centre del terreny on s'hagi de construir al migdia solar i la ombra que projecti el pal serà exactament el nord solar.
- Posteriorment, amb una corda es projectarà el sud solar, per tant, al 90° a l'esquerra i la dreta tindrem respectivament el oest i el est solars. D'aquesta forma s'aprofitarà al màxim la energia solar per tenir il·luminació escalfament a l'interior de la vivenda.

En zones d'extrema calor, es pot construir una xemeneia de ventilació o Wind-scope, ubicant la boca d'entrada d'aire segons els vents predominants de la zona:

- 1- Situant la boca de cara a l'aire fred, donant lloc a una entrada directa fins a l'interior de la vivenda.
- 2- Situant la boca d'esquena a l'aire calent, produint una succió de l'aire més fred que baixa amb forma d'espiral i va perdent temperatura a través del mur fins a arribar a la finestra de comunicació de l'interior.

Si es vol construir per sota de la rasant del terreny, s'ha de pensar amb l'energia geotèrmia. Si soterrarem el domo 1,2 metres de profunditat, s'elimina la necessitat de construir contraforts, però s'ha de preveure un correcte aïllament a l'aigua i la humitat ja que està en contacte directe amb el terreny.

Es pot utilitzar la vegetació per refresca la estructura de la vivenda donant lloc a una construcció més integrada a la naturalesa.

#### 4.7.6.- Regles de disseny

Per fer qualsevol tipus de construcció amb Superadobe, cal seguir les normes que l'arquitecte Nader Kalili va establir per tal que l'estructura del dom sigui suficientment resistent a qualsevol efecte de la naturalesa. Per tant, a continuació s'explicarà aquestes pautes que cal seguir tot constructor a l'hora de construir, per petita que sigui l'edificació.

A continuació, es presenten les 9 normes importantíssimes a seguir:

1.Qualsevol dom que es construeixi i superi un diàmetre interior major a 1,524 metres, es col·locarà contrafort per evitar el col·lapse de l'estructura. Tot arc de descàrrega té una força horitzontal amb tendència a obrir-se, per tant, la construcció del contrafort és fonamental, perquè la casa no caigui.

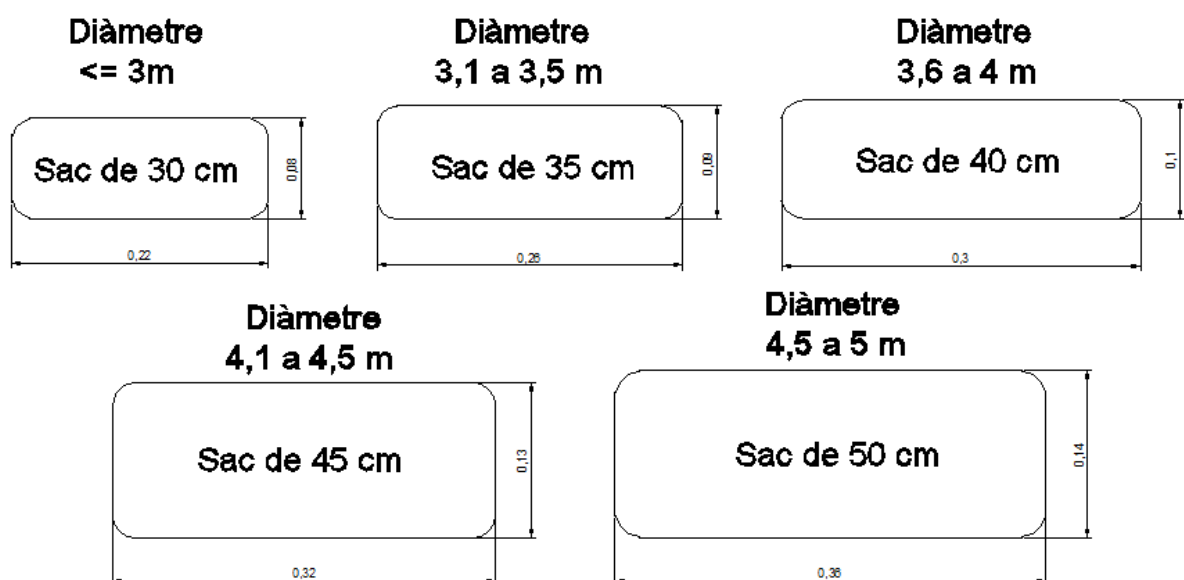
2.Els contraforts sempre han de quedar a 45,72 cm per dalt del springline (compàs d'altura) o lloc on comença la curvatura de l'estructura, és a dir, s'ha de posar 4 o 5 filades més de sac.

3.L'amplada dels sacs que s'utilitzarà per construir, va en funció del diàmetre interior del dom, és a dir, a major diàmetre més amples seran els murs.

4.Quant escollim l'amplada del sac, hem de tenir en compte que un cop plens i compactats redueixen entre 7,62 i 12,7 centímetres la seva amplada.

5.No s'ha d'usar mai sacs amb una amplada inferior a 30,48 cm, ja que són molt estrets i difícils de treballar.

Tot seguit, es mostren les mides dels diferent sacs un cop compactats:



*Imatge 71: Mides dels sacs de polipropilè un cop compactats*

6. A cada quadrant del domo només pot haver una sola porta i es pot afegir alguna finestra.

7. Entre una porta i una finestra ha d'haver una separació mínima de 1,25 metres (en corba) de separació per a que l'estructura aguantí la carrega perfectament. A cada pas de porta s'ha de posar contraforts també, ja que és un dels llocs on l'estructura es debilita molt.

8. S'ha mirar bé que l'amplada de les portes i finestres encaixin perfectament amb les filades dels sacs, ja que és normalment una estructura circular.

9. Els contraforts de les portes d'entrada, seran 2 murs petits que emmarquin la zona d'entrada, en un mínim de 70 centímetres de longitud.

Per tant, aquestes són les pautes que cal seguir quan volguéssim construir qualsevol edificació amb el sistema constructiu Earthbag o Superadobe, ja que són molts quilos de terra que s'utilitza per aixecar una estructura d'aquestes característiques.

#### 4.7.7.- Arrebossats

Hi ha 2 tipus d'arrebossats que es pot fer, segons l'estabilitzant que utilitzem. Es pot arrebossar amb ciment o calç.

##### Arrebossat de ciment:

Per fer aquest tipus d'arrebossat s'utilitzarà terra, sorra, ciment i aigua. La proporció de ciment serà entre el 5-10% més que l'utilitza't per fer l'estructura i amb una mescla més humida per tal que s'adhereixi en facilitat a la superfície de suport.

L'arrebossat s'aplicarà en 2 fases:

- 1- Arrebossat de regularització: La seva finalitat és igualar totes aquelles irregularitats que es troben al sac i donar-li una primera forma. Aquesta capa es fa a mà i en guants, i dona lloc a un acabat rugós.
- 2- Arrebossat d'acabat: Aquesta capa s'aplica amb una llana metàl·lica, sobre la superfície regular aconseguida anteriorment. El seu acabat és llis i un cop és assecat, es rasca tota la superfície amb una esponja per treure el gra de la sorra i donar-li una textura suau.

Arrebossat de calç:

Aquest arrebossat s'aplicarà en 2 fases també:

- Primera fase de regularització.
- Segona fase de morter d'àrid i calç.

*-Fase de regularització:* El morter utilitzat es compon bàsicament dels mateixos materials i proporcions que el morter utilitzat per omplir els sacs. A la mescla s'afegeix calç fins a una concentració del 14-20%, aigua i palla. Amb aquesta barreja, s'ompliran els forats generats entre els sacs, obtenint una superfície regular. Serà necessari aplicar 3 fases de regularització degut al seu gruix i sempre és millor aplicar varies capes fines per tal de donar més resistència, durabilitat i menys probabilitats de que s'esquerdi.

La quantitat de palla no ha d'impedir l'adequada adherència del morter, ja que s'utilitzarà una quantitat del 1/5 de la mateixa en cada preparació. La palla crea una retícula interna que col·labora a minimitzar les esquerdes i es pot fer la segona capa encara que no estigui assecat completament. Finalment, el que s'obté és una capa de forma neta i una textura molt rugosa.

*-Fase de morter d'àrid i calç:* Aquest arrebossat s'aplicarà en 3 fases:

- Capa base.
- Capa intermèdia.
- Capa final.

S'utilitzarà un morter 1:4 ( 1 part de calç per cada 4 parts de sorra). La sorra ha de ser de descomposició silícia, com la del riu o un altra similar. La quantitat d'aigua és de 4 a 5 parts addicionals al total, depenent de la humitat de la sorra i s'aplica amb una llana metàl·lica per tancar tots els forats. Finalment, aquesta capa acabarà tenint un gruix de 8 mm aproximadament .

- 1) Morter de base d'àrid: S'aplica després de la fase de regularització i en fresc. Aquest morter es compon de sorra fins a 7 mm, calç i aigua en la quantitat d'aigua que s'ha dit anteriorment. Finalment, aquesta capa tindrà de 2 a 3 mm de gruix i es recomanable fer diferents capes per donar-li l'acabat desitjat. Es fa amb una llana metàl·lica de baix cap a dalt del parament i estrenyent el morter contra la superfície. Un cop fetes les capes necessàries i el morter estigui mig sec, es fregarà amb una esponja humida tota la superfície per treure el gra de la sorra.

- 2) Morter intermedi d'àrid: S'aplica en fresc i es compon de sorra de 5 mm, calç i aigua. Aquesta capa tindrà entre 2 i 3 mm de gruix, amb el mateix procediment que l'anterior. Es poden fer 2 capes fins a arribar al gruix desitjat i la seva textura final ha de ser rugosa, rasant la superfície abans d'aplicar la següent capa.
- 3) Morter final d'àrid: S'aplica en fresc i es compon de sorra de 2 mm, calç i aigua. Aquesta capa tindrà un gruix entre 2 i 3 mm, amb el mateix procediment que l'anterior. El seu acabat serà completament llis amb la utilització d'una esponja humida per treure el gra de la sorra.

### Impermeabilització

L'arrebossat de calç no és totalment impermeable, per tant, absorbirà aigua i quan faci calor serà evaporada. Així que, abans de fer l'arrebossat pertinent, s'aplicarà una capa d'emulsió asfàltica (brea) amb un pinzell gruixut damunt de la superfície dels sacs i a les zones horitzontals que estan més exposades a la humitat. Per tant, els llocs més conflictius són: l'encontre del mur amb el contrafort, les celles, llindes, portes i la part superior de la cúpula. Es deixarà assecar almenys 2 hores abans de començar en la fase d'arrebossats.



*Imatge 72: Col·locació de l'impermeabilitzant a la cella de la finestra (dom de la UDL)*



## 5.- MEMÒRIA CONSTRUCTIVA

Aquest projecte, fa referència a la construcció de la primera fase de construcció del primer mòdul habitable modular de la zona residencial del TMC, que s'ha modificat respecte el projecte bàsic de l'Eugenia Rodríguez.

Amb aquesta memòria s'explicarà tot el procés constructiu i els detalls que es tindran en compte per fer la edificació al centre mèdic

Per tant, amb tot el que s'ha explicat al llarg del treball i seguint les normes fonamentals que l'arquitecte iraní Nader Khalili va desenvolupar per construir amb el sistema Earthbag o Superadobe, s'ha dissenyat la primera construcció que es portarà a terme dins dels solar del Training Medical Center.

Una de les consideracions més importants que s'ha tingut en compte per elaborar aquest projecte, ha estat la ubicació i la zona de treball, ja que es tracta d'un país de l'Àfrica Occidental i el clima és molt diferent al d'aquí. Burkina Faso, el país on es desenvoluparà el projecte, té un clima sec – tropical, per tant, aquest país assoleix unes temperatures molt elevades durant tot l'any i unes pluges molt fortes durant el mesos de juny, juliol, agost i setembre. Llavors, el procés constructiu s'ha desenvolupat a partir d'aquest clima tant advers i diferent al clima mediterrani.

Amb aquest apartat, s'explicarà la primera fase per construir el primer mòdul d'habitatge de la zona residencial, preparat per ampliar-se a posteriori, i donar lloc a un mòdul complet amb: una sala d'estar, dos dormitoris i un bany.

Durant aquesta primera fase de construcció, es construirà un dom de 4,5 metres de diàmetre interior més un àbside de 3 metres de diàmetre interior. Aquests dos doms oferiran una oficina i un bany per al secretari burkinès d'Emsimision, Issiaka Ouedraogo. Aquesta construcció, ja està dissenyada i preparada per ampliar-se durant altres fases, oferint dos doms més per dormitoris.

Per tant, al llarg d'aquesta memòria constructiva, tractarem tots els aspectes constructius per fer la implantació d'aquesta oficina + el bany, deixant l'estructura preparada per ampliar aquest primer mòdul residencial.

Primerament, es parlaran del objectius i els resultats que s'esperen a assolir, després d'aquesta construcció i els beneficis que la població de la capital de Burkina Faso, Ouagadougou, puguin tenir amb la construcció d'aquest centre mèdic a un solar de 8.600 m².

## **5.1.- Objectius i resultats esperats**

### **5.1.1.- Objectiu general**

Implementar el sistema constructiu Earthbag o Superadobe per construir habitatges residencials en projectes d'ajuda humanitària després d'una catàstrofe, ja sigui d'origen natural o humà i en projectes de cooperació al desenvolupament.

### **5.1.2.- Objectius específics**

- Construir l'habitatge amb el sistema Earthbag o Superadobe al solar EMSIMISION Training Medical Center (TMC) a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou (habitatge per a estudiants i/o personal del centre).
- Analitzar constructiva, social i econòmicament el sistema constructiu Earthbag o Superadobe com a habitatge d'emergència i valorar la viabilitat d'aquest sistema constructiu en projectes de cooperació a l'Àfrica.
- Analitzar el comportament estructural del dom Earthbag o Superadobe, per comprovar la seva resistència davant de sismes que hi puguin haver.
- Analitzar el comportament tèrmic de l'habitatge mitjançant una simulació energètica.
- Analitzar l'impacte ambiental d'aquests habitatges en projectes de cooperació per al desenvolupament en països en pobresa.
- Feedback: Analitzar els resultats obtinguts durant la construcció i ús de l'habitatge per millorar el confort i el sistema final.

### **5.1.3.- Resultats esperats generals**

Proporcionar un habitatge residencial de major confort interior, resistència estructural i durabilitat que les que s'utilitzen actualment per oferir una vivenda digne on habitar durant el període de construcció del centre mèdic, amb un comportament tèrmic òptim.

### **5.1.4.- Resultats esperats específics**

- Implementació de l'habitatge residencial en situació real, per un clima sec - tropical (Ouagadougou, Burkina Faso).
- Millora del disseny de la geometria del dom amb la tècnica Earthbag o Superadobe, a partir de l'anàlisi estructural del mateix.
- Millora del confort higrotèrmic de l'habitatge amb el clima sec - tropical.
- Metodologies participatives per part de la població beneficiària durant el procés constructiu i apoderament de la construcció resultant.

## 5.2.- Treballs previs a la construcció

Del 6 al 19 d'abril del 2015, un equip format per membres de la Universitat de Lleida, la Fundació Lleida Solidària i Emsimison, van viatjar a la capital de Burkina Faso, Ouagadougou, per tal de realitzar diferents tasques al solar del Training Medical Center. Va ser un viatge destinat en l'objectiu d'iniciar les activitats necessàries per a la construcció del primer mòdul d'habitatge que formarà part del centre mèdic Emsimison Training Medical Center.

L'associació per a la cooperació i desenvolupament EMSIMISION, és el propietari d'un terreny de 8.632 m<sup>2</sup> al districte de Boulmiougou, un dels més pobres de Ouagadougou (Capital de Burkina Faso). En aquest lloc, gestionat per EMSIMISION Burkina Faso, l'equip de voluntaris amb col·laboració de la Escola Politècnica Superior de Lleida (UdL), van iniciar les activitats necessàries per a la construcció del primer mòdul d'habitatge que formarà part del centre mèdic al TMC.

L'equip de treball, que van estar-hi dos setmanes, van realitzar les següents feines:

- Obres d'adequació i anivellament del terreny, mitjançant subcontractació d'excavadora, ja que el lloc on es construïran els doms es trobaven a una cota inferior respecte la resta del solar. Es va contractar un equip de topògrafs per la realització d'aquesta feina.
- Es van iniciar les gestions prèvies per signar el conveni de col·laboració entre la Universitat de Lleida i la Universitat d'Ouagadougou.
- Gestions per a la presentació de llicència d'obres i verificació de compliment de la normativa vigent així com els tràmits legals a superar.
- Gestions per a la contractació de personal local en previsió de la construcció de l'habitatge.
- Compra de materials i eines per a tota la construcció de l'edifici.

A continuació, es presentarà la normativa que es va obtenir i tota la compra d'eines i materials que es va fer. El més complicat va ser la compra de diferents materials degut al seu elevat cost i la recerca d'alguns d'ells.

### 5.2.1.- Normativa facilitada

PERMIS DE CONSTRUIRE

TEL: 50 39 80 58 / 60 SITE WEB : [www.me.bf](http://www.me.bf) DOC/CEFAC/3\_rev2

**CEFAC**  
CENTRE DE FACILITATION DES ACTES DE CONSTRUIRE

LA REGION DE L'ENTREE  
DU BURKINA FASO

AMBE  
ASSOCIATION DES MUNICIPALITES  
DU BURKINA FASO

Pour tous renseignements,  
appeler au 61 41 94 73

**CATEGORIE C**

- Bâtiment à niveau, à usage d'habitation et autre que d'habitation ; exemple : R+1, R+2,...R+n  
- Maison à usage autre que d'habitation en RDC dont la surface totale du bâtiment à construire est supérieure à 150m<sup>2</sup> ; exemple : villa F4, F5, F6,...Fn, station d'essence, magasin de stockage, lieu de culte, entrepôt...

**PIECES A FOURNIR :** (Dossier en quatre (4) exemplaires réceptionné après paiement des frais)

- 1- Une demande adressée au Maire de la Commune timbrée à 300 FRANCS (timbre Communal), ou une demande adressée au Ministre en charge de la construction timbrée à 200 FRANCS (timbre fiscal).  
Formulaire de demande disponible au CEFAC ;
- 2- Pour les personnes Physiques : La photocopie de la Carte d'Identité, du passeport ou de tout autre document d'Identité ; (au moins 2 copies légalisées) ;  
Pour les personnes morales : le RCCM, les statuts de la société ou des documents de reconnaissances légales pour les personnes (au moins 2 copies légalisées) ;
- 3- La photocopie du titre de jouissance ou de propriété du terrain : PUH, Permis d'exploitation, titre foncier, attestation d'attribution, arrêté de mise à disposition ou d'affectation (au moins 2 copies légalisées) ;
- 4- Le plan de bornage (au moins 2 copies originales) ;
- 5- Les reçus de paiement de la taxe de résidence des trois (3) dernières années,
- 6- Les chemises à sangles (4).

**Une étude architecturale établie par un architecte agréé comprenant**

- 7- Un plan des fosses septiques ou de raccordement au réseau d'égout délivré par l'ONEA,
- 8- Un plan d'implantation du bâtiment avec l'emplacement des fosses septiques à l'échelle 1/200ème ou 1/100ème ;
- 9- Un plan de masse à l'échelle 1/200ème, 1/500ème, 1/1000ème,
- 10- Les plans de chaque niveau du bâtiment à l'échelle 1/50ème ou 1/100ème,
- 11- Les coupes significatives et détaillées du projet,
- 12- Les façades du bâtiment,
- 13- Les plans des corps d'états secondaires,
- 14- Le devis descriptif des travaux de construction,
- 15- Le devis estimatif des travaux de construction,
- 16- Un état des lieux des constructions existantes à l'échelle 1/50ème ou 1/100ème et le plan de réaménagement pour les travaux d'extension de modification et de réhabilitation.

**Une étude d'ingénierie établie par un ingénieur ou un bureau d'étude agréé.**

- 17- Un rapport d'étude de sol établi par un laboratoire agréé par l'Etat,
- 18- Une note de calcul,
- 19- Un plan de coffrage et de ferrailage de la structure du bâtiment,
- 20- Une note d'étude de sécurité incendie établie par une personne physique ou morale agréée,

**NB :** le Certificat de conformité étant une exigence légale, les frais d'établissement sont perçus au dépôt du dossier de demande du Permis de construire. Le Certificat de conformité est fourni après la construction sur la présentation au CEFAC de :

- Un procès verbal de réception des travaux établi et signé par le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage ;
- Le procès verbal de visite de sécurité incendie établie par la commission de sécurité compétente pour les immeubles recevant du public de catégorie C, notamment à partir de la 3ème famille et les bâtiments d'habitation de niveau supérieur ou égal à R+4.

Date de mise en circulation : 27/02/2012

Etablissez désormais vos plans de bornage au CEFAC à partir de 100 000 F CFA pour les terrains dont la superficie est inférieure à 600 m<sup>2</sup> et sur devis sinon ; ainsi que vos panneaux de chantier en bois ou en métallique à 10 000 FCFA ou 15 000 FCFA.

- Edifici a nivell/altura/pis per a ús residencial, o diferent a l'habitatge; exemple: R+1, R+2...R+n.
- Casa de diferent ús que habitatge en RDC on la superfície total de l'edifici a construir és superior a 150m<sup>2</sup>; exemple: xalet F4, F5, F6...Fn, gasolinera, botiga d'emmagatzematge, lloc de culte, depòsit...

**DOCUMENTS REQUERITS:** (Dossier amb 4 còpies dels rebuts després de pagar les taxes).

1. Una sol·licitud adreçada a l'alcalde del municipi segellada en 300 Francs (segell comunitari), o una sol·licitud adreçada al Ministre a càrrec de la construcció segellada a 200 Francs (segell fiscal).  
Formulari de sol·licitud disponible al CEFAC.
2. **Per a les persones físiques:** Fotocòpia del carnet d'identitat, del passaport o de qualsevol altre document d'identitat; **(al menys 2 còpies legals)**.  
Per a les persones jurídiques: el RCCM, els estatuts de la societat o documents de reconeixement legal per a les persones **(al menys 2 còpies legals)**.
3. La fotocòpia del títol de dret o propietat del terreny: PUH, permís d'explotació, títol de propietat, certificat de l'atribució, resum/tancament posat a disposició o assignació **(al menys 2 còpies legals)**.
4. Plànol de demarcació **(al menys 2 còpies originals)**.
5. Els rebuts de pagament de la taxa de residència dels 3 últims anys.
6. Els revestiments/camises/carpets....

**Un estudi arquitectònic elaborat per un arquitecte autoritzat.**

7. Un plànol de fosses sèptiques o d'unió a la xarxa de clavegueram lliurada per l'ONEA.
8. Un plànol d'implantació de l'edifici amb l'emplaçament de les fosses sèptiques a escala 1/200 o 1/100.
9. Un plànol de massa a escala 1/200, 1/500, 1/1000,
10. Els plànols de cada planta de l'edifici a escala 1/50 o 1/100,
11. Les seccions significatives i detalls constructius del projecte.
12. Les façanes de l'edifici.
13. Els plànols dels cossos d'estats secundaris.
14. El pressupost descriptiu dels treballs de construcció.
15. El pressupost estimat dels treballs de construcció.

16. La posició o estat dels llocs de les construccions existents a escala 1/50 o 1/100 i el plànol urbanístic per als treballs d'extensió de modificació i de rehabilitació.

**Un estudi d'enginyeria establert per un enginyer o un consell d'estudi o d'investigació autoritzat.**

17. Un informe d'estudi del sòl establert per un laboratori autoritzat per l'Estat,  
18. Una nota de càlcul.  
19. Un plànol d'encofrat i càlcul de la ferralla de l'estructura de l'edifici.  
20. Una nota d'estudi de seguretat d'incendis establerta per una persona física o jurídica autoritzada.

**NB: el Certificat de conformitat havent una exigència legal, els costos d'establiment són percebuts al dipòsit del dossier de la sol·licitud del permís de construir. El Certificat de conformitat és entregat després de la construcció sobre la presentació al CEFAC de:**

- Un procés verbal de recepció dels treballs establert i signat per l'amo/propietari de l'obra i treball.
- El procés verbal de visita de seguretat d'incendi establert per la comissió de seguretat competent pels immobles rebent de la audiència de categoria C, notablement a partir de la 3<sup>a</sup> família i els edificis de l'habitatge de nivell superior o igual a R+4.



### 5.2.2.- Compra de materials

Aquesta va ser una de les tasques més complicades de realitzar, ja que s'havien de comprar molts materials i eines per a la construcció. Es fa difícil de trobar certs materials de bona qualitat i quant els trobes, molts cops són amb preus molt elevats.

Per tant, durant aquestes dos setmanes, gairebé es va assolir l'objectiu de tota la compra de materials, ja que és una país complicat per fer-ho.

A continuació, es mostraran en fotos, tots aquests materials comprats, que actualment, estan guardats dintre del contenidor del solar del TMC.

#### Inventari del contenidor del TMC ( material comprat):

- 4 cimbres de fusta.
- 4 estaques de fusta d'1 metre de llarg (7x3cm).
- 5 bigues de fusta de 4,85m de llarg (12,5x6,2cm).
- 13 taulons de 2,55m de llarg (28,5x1,8cm).
- 30 rotllos de filferro de 4 pues de 100 metres ( total=3000m).
- 2 carretons.
- 1 pala plana d'1 metre de llarg.
- 2 pales de punta d'1 metre de llarg.
- 2 pales planes de 1,32m de llarg.
- 2 pales de punta de 1,32m de llarg.
- 1 rastrillo.
- 2 aixades.
- 2 pics.
- 2 bidons metàl·lics de 185 l.
- 1 caixa metàl·lica de color verd per guardar eines.
- 2 tubs de PVC (147,5 cm de llarg; diàmetre= 75mm).
- 3 tubs de PVC (196 cm de llarg; diàmetre= 110 mm).
- 1 colze de PVC de 90°.
- 2 regles metàl·lics de 291 cm de llarg (40x40mm).
- Plàstic impermeabilitzant.
- 1 politja.
- Corda per a la politja (15m).
- Nivell d'aigua (tub de silicona).
- 4 escombres.
- Cadena metàl·lica per als compassos.
- Caixa de mascaretes.

- 2 ulleres de protecció.
- Guants.
- 2 brides metàl·liques.
- 50 m de mànega per l'aigua.
- 5 cascos.
- 1 metre.
- 1 cisalles.
- 1 alicates.
- 1 tenalla.
- 2 paletes.
- 1 malla per escampar el morter.
- 1 martell.
- 5 cubs de goma (10 litres cada cub).
- 5 cubs de plàstic (11 litres cada cub).
- 2 picons metàl·lics per fer la compactació.
- 1000 kg de calç viva.
- 2 munts de sorra de 16 m³.
- 1 munt de roca "KAYU" de 10 m³.

*Inventari del contenidor del TMC ( material existent):*

- 1 trepant.
- 1 alicates.
- 2 serres.
- 3 jocs de cordills (taronja, blau i verd).
- 1 martell.
- 1 tenda de campanya militar.
- Tirafons.
- Cargols de rosca mètrica.
- 1 cinta mètrica.
- 2 allargos.
- 1 nivell.
- 1 tisores.
- 2 tornavisos plans.
- 1 tornavís estrella.
- 15 varetes d'acer.
- 5 puntals metàl·lics.
- 1 picó de 15x15cm de base (1,08 m d'altura).

- 2 tamisos.

Com s'ha pogut observar, es van comprar molts materials per realitzar la construcció de Superadobe, ja que van haver algunes eines i materials que no es van comprar degut a un elevat preu. L'equip de treball es va moure per moltes botigues de construcció i proveïdors, però el sac de polipropilè, la formigonera i la bastida, no es van poder comprar.

Per tant, la solució per aquests materials són:

- Formigonera: S'utilitzarà la màquina per fer els blocs de terra comprimits.
- Sac de polipropilè: Es portarà de Barcelona, ja que el proveïdor local de Burkina Faso, era 3 cops més car.
- Bastida: Preu molt elevat també, però es va aconseguir el contacte d'una empresa que lloguen per setmanes.

A continuació, es mostraran tots els materials i eines comprades durant l'abril:

#### La calç:

Aquest va ser un dels materials més complicats de trobar ja que es buscava una calç de bona qualitat per fer el Superadobe, és a dir, utilitzant la calç com estabilitzant de la mescla. La calç que es volia comprar era del tipus aèria i calç viva (Q), que s'ha d'apagar dissolent-la amb aigua, que despendrà molta calor durant aquest procés. Aquest tipus de calç, tardarà entre 4 i 6 mesos d'obtenir la seva duresa final, encara que continuarà tota la seva vida endurent de forma més lenta.

Per tant, l'equip de treball que va viatjar a Ouagadougou va fer una recerca exhaustiva per trobar aquest tipus de calç per fer la construcció pertinent.

Finalment, la calç produïda a Burkina Faso, a Bobo-Dioulasso, per Covemi, s'ha demostrat que és de molt bona qualitat, amb una adherència òptima a les parets de BTC's amb un preu tres cops més econòmic que la calç importada.

La calç Covemi es cou en forns semi industrials i es pot produir calç apagada, però el seu cost és el doble llavors.

Per tant, es va contactar amb Covemi:

*COVEMI, COMPAGNIE VILLAGEOISE D'EXPORTATION MINIERE*

01 BP 611 - Bobo-Dioulasso Burkina Faso

Tel. 20 97 03 79 / 226 50 97 03 79

L'encarregada de Covemi era una senyora que va realitzar una rehabilitació del museu de la música a Burkina Faso. Durant aquesta, la calç es va apagar a la obra del museu en pous per a la producció de pasta de calç. Aquests pous s'omplien amb aigua ( 3 vegades el volum de la calç) i després d'afegir la calç, era reposada al pou un mínim de 20 dies.



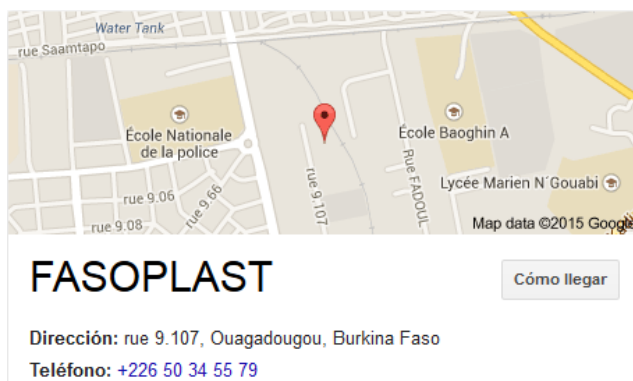
*Imatge 73: Mme Bado, delegada de Fisa Burkina*

En la imatge 73, podem observar a la delegada de Fisa Burkina, que va ser qui ens va subministrar 1000 kg de calç viva de Covemi, per fer l'habitatge Earthbag.

S'ha de recalcar la bona cerca d'aquesta senyora per tal d'aconseguir una calç de bona qualitat, ja que és un dels materials més important que es necessita per fer la construcció.

### Sac de polipropilè

Després d'una llarga recerca i passejar per molts llocs per trobar sacs transpirables continus de polipropilè, es va arribar a una empresa on tenien sacs d'aquest tipus.



*Imatge 74: Empresa Fasoplast a Burkina Faso*

Fasoplast, és una empresa on fabriquen i venen a l'engròs sacs transpirables de polipropilè de diferent mides.

Es va visitar a l'encarregat de l'empresa per explicar-li el que es buscava per fer la construcció i ens va dir que sinó eren quantitats elevades per comprar, que no venien quantitats petites. Per tant, degut al seu elevat cost dels sacs a Fasoplast, es va decidir portar aquest material des de Espanya, ja que era molt més econòmic.

#### Formigonera per fer la mescla

Després d'una llarga recerca i visitar moltes botigues de construcció a la capital de Ouagadougou, va ser impossible trobar una formigonera de 150 litres, la típica que s'utilitza a qualsevol obra. L'equip va trobar-ne algunes noves per comprar, però eren molt grans i amb un cost molt superior que al d'Espanya. Tot tipus de formigonera que es va trobar, no baixava dels 1200€.

Per tant, l'equip de treball, va decidir que seria convenient utilitzar la màquina Hydraform per fer la mescla del Superadobe. Doncs, per fer la construcció de l'habitatge Earthbag al Training Medical Center, s'utilitzarà la màquina Hydraform que es va usar per fer els blocs de terra comprimits per fer el mur perimetral del solar.

#### Bastida

Una altra tasca que va ser impossible d'aconseguir, va ser la compra d'una bastida per treballar en altures elevades, degut al seu elevat cost.

A mesura que es vagin pujant les filades de sac i la cúpula es vagi tancant, és necessari la instal·lació de dues bastides per treballar amb seguretat i de forma còmoda. Però, l'últim dia d'estar a Ouagadougou, es va trobar un lloc on lloguen bastides de trams, on serà imprescindible contactar amb ells per llogar-ne dues.



*Imatge 75: Lloguer de bastides a la capital de Ouagadougou*

Materials i eines comprades:

	<p>4 Cimbres de fusta, 32 cunyes per la seva col·locació, 32 estakes de fusta per als compassos i restes de taulons per la construcció.</p>
	<p>2 picons de ferro de 25x25 cm de base amb cantonades arrodonides.</p>
	<p>30 rotllos de filferro de 4 pues de 100 metres cada un. Total = 3000 metres</p>
	<p>10 m³ de roca "Kayu" per fer el drenatge de la fonamentació. Es matxucarà per obtenir diferents mides d'àrid.</p>
	<p>32 m³ de sorra per fer la mescla amb la terra per la producció del Superadobe.</p>



	<p>2 tamisos per garbellar la terra per fer la mescla amb la sorra.</p>
	<p>Eines noves, comprades durant el període del 6 al 19 d'abril (especificat anteriorment al inventari).</p>
	<p>Eines que ja estaven a dintre del container. (especificat anteriorment al inventari).</p>
	<p>2 carretons, 2 pics, 2 aixades, 1 rastrillo i 6 pales.</p>
	<p>5 bigues de fusta i taulons per la construcció, elaboració de bastides</p>

### 5.3.- Primera fase de la construcció

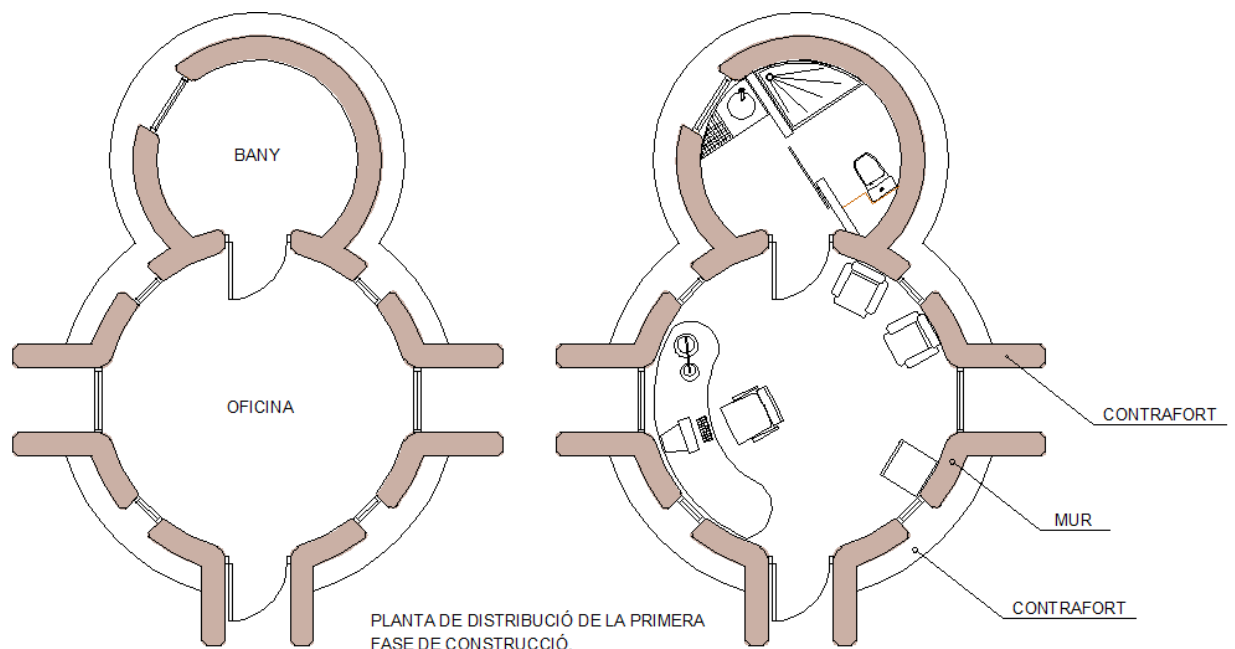
Aquest projecte tracta de fer la primera fase de construcció del primer mòdul de vivenda a la zona residencial del Training Medical Center situat a la capital de Burkina Faso.

De l'1 de novembre del 2015 fins al 10 de gener del 2016, un equip de treball format per membres de la Universitat de Lleida, Domoterra i Emsimision, seran els encarregats de construir aquesta primera fase d'una vivenda amb el sistema constructiu Earthbag o Superadobe.

Aquesta primera fase es tracta de construir una oficina i un bany provisional per al secretari Emsimision local, Issiaka Ouedraogo, donant lloc a la primera construcció dintre del solar, amb un ús d'oficina que serà el seu lloc de treball.

Es deixarà tot equipat i instal·lat per treballar amb un confort òptim degut a la climatologia del país.

A continuació, es mostra la planta de distribució d'aquesta edificació, amb un dom central de 4,5 metres de diàmetre interior (oficina) i un àbside de 3 metres de diàmetre interior (bany).

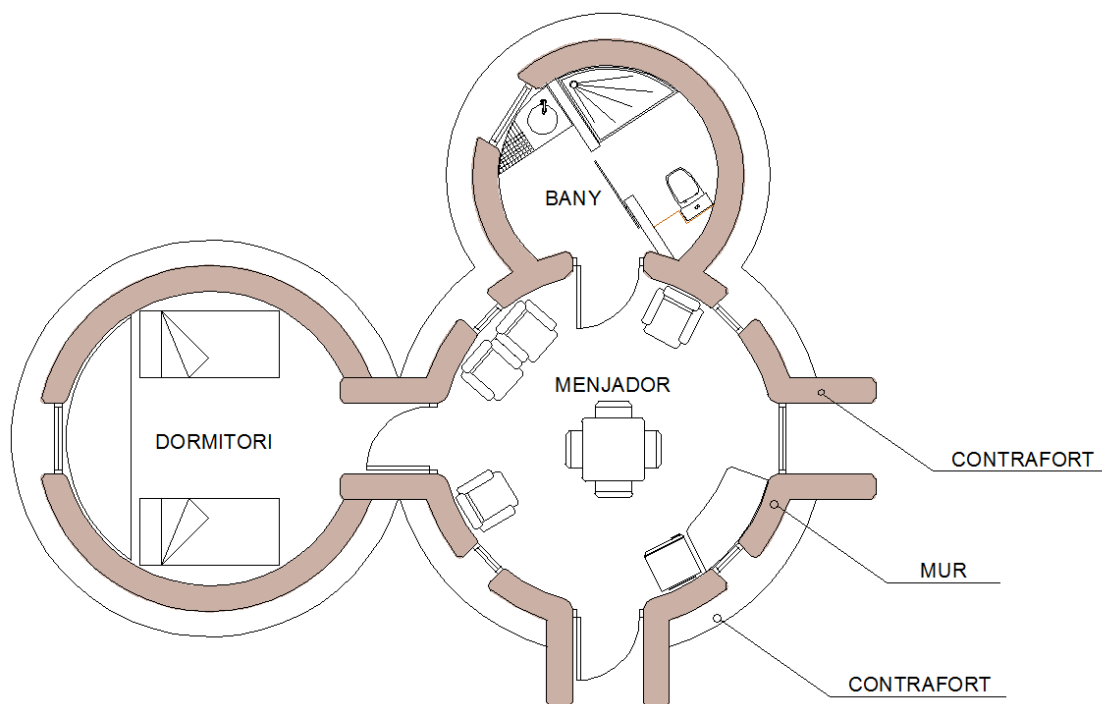


*Imatge 76: Planta distribució de la primera fase de construcció*

### 5.3.1.- Primera ampliació de la 1<sup>a</sup> unitat residencial

Amb aquesta segona fase de construcció, es construirà una altre dom en un diàmetre interior de 4 metres, donant lloc a 1 habitació per dormir dues persones.

A la primera fase de construcció, es va preparar l'estructura per poder afegir un altre dom quan fos necessari, ampliant aquesta unitat residencial, donant lloc a un menjador, un dormitori i un bany.



*Imatge 77: Planta distribució de la 1<sup>a</sup> ampliació de la unitat residencial*

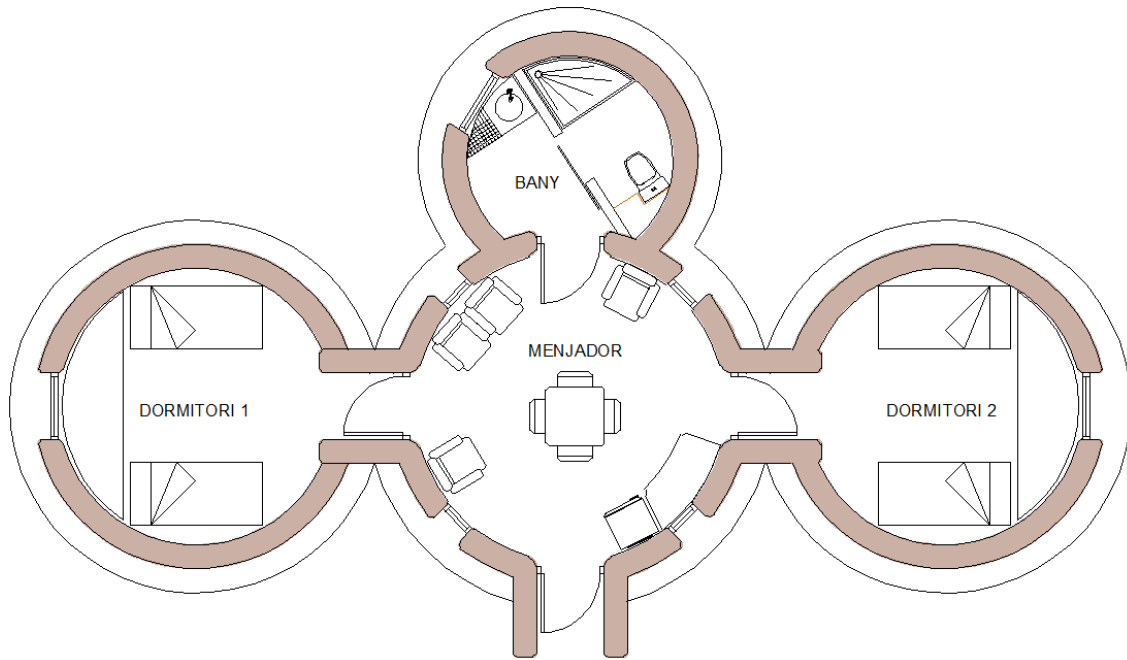
### 5.3.2.- Segona ampliació de la 1<sup>a</sup> unitat residencial

Finalment, es construirà un altre dom annexat a l'altre costat, donant lloc a un altre dormitori per dues persones.

Per tant, un cop finalitzat aquesta construcció de forma modular, estarà compost per:

- 1 dom central (menjador) de 4,5 metres de diàmetre interior.
- 2 doms als laterals (dormitoris) de 4 metres de diàmetre interior.
- 1 dom posterior (dom) de 3 metres de diàmetre interior.

Es tracta d'una edificació Earthbag, amb la finalitat d'allotjar a un grup de 4 persones amb tot els serveis necessaris que vinguin a treballar al centre mèdic. A continuació, es mostra la planta de distribució final d'aquest primer mòdul residencial al TMC.



*Imatge 78: Planta distribució de la 2ª ampliació del primer mòdul residencial al TMC*

#### 5.4.- Sanejament

La direcció facultativa del Training Medical Center, format per l'Eugènia Rodríguez i el Kelian Garrigós, són els encarregats de desenvolupar tot el sistema de clavegueram per al centre mèdic, ja que actualment no existeix cap instal·lació per a la recollida d'aigües pluvials ni residuals. Per tant, abans de començar amb la construcció dels doms, es faran totes les rases i fonamentacions pertinents, per la col·locació de les canonades, col·lectors i pericons.

Actualment, el Kelian Garrigós està calculant tota aquesta instal·lació de recollida d'aigües per a tot el complex del centre mèdic del Training Medical Center.

Llavors, la primera partida d'obra que s'ha construir abans de començar amb la primera fase de la construcció, serà la instal·lació de tota la xarxa de clavegueram.

Es deixaran col·locades totes les baixants de PVC, que connectaran amb els col·lectors i els pericons pertinents per a la col·locació dels sanitaris ubicats al bany del dom, és a dir, per al inodor, la pica i la dutxa.

Tot aquest càlcul per la instal·lació de baixants, col·lectors i pericons, serà revisat per un enginyer industrial especialitzat en aquest sector.

### 5.5.- Col·locació dels compassos

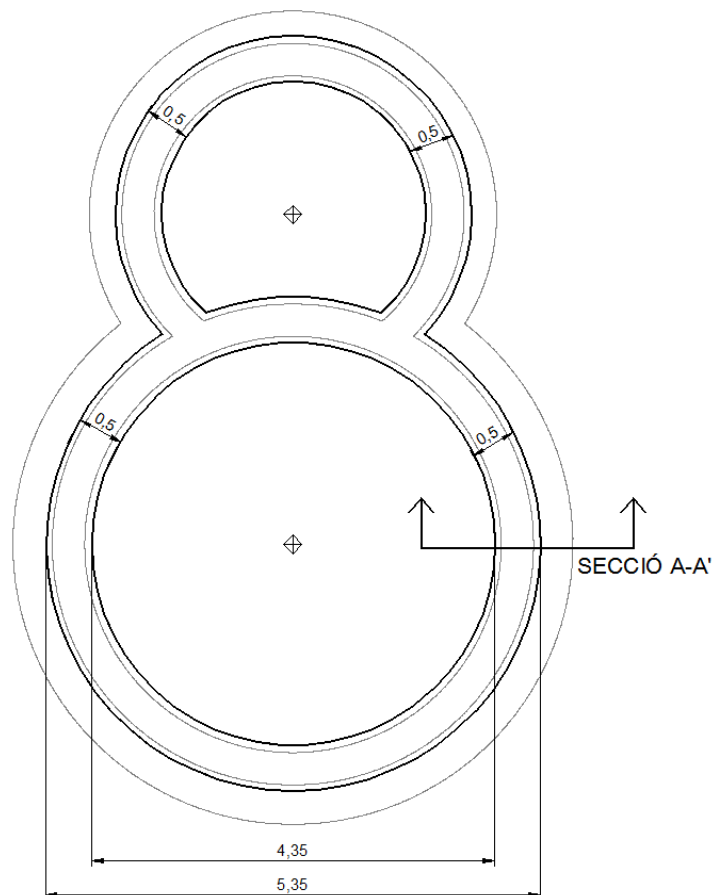
Després d'haver implantat la xarxa de sanejament, es farà el replanteig per fer la correcta ubicació dels dos doms, agafant com a punts de referència les cantonades del mur de BTC.

Per tant, el segon pas que es farà per començar en la construcció, serà la col·locació dels dos compassos centrals dels dos doms (oficina i bany). Es pot veure al plànol de replanteig i col·locació de compassos.

Un cop s'hagin col·locat els dos compassos centrals, es marcaran en guix dos circumferències amb els seus respectius diàmetres, per tal de fer la ubicació exacta de la edificació. Es marcarà també, les circumferències per fer la excavació de la fonamentació.

### 5.6.- Fonamentació

L'equip de treballadors de 8-10 persones, (treballadors locals que van construir el mur perimetral amb els BTC's) executaran 2 rases circulars de manera manual amb pics, pales i aixades. La rasa tindrà una amplada de 50 cm i una profunditat de 65 cm.

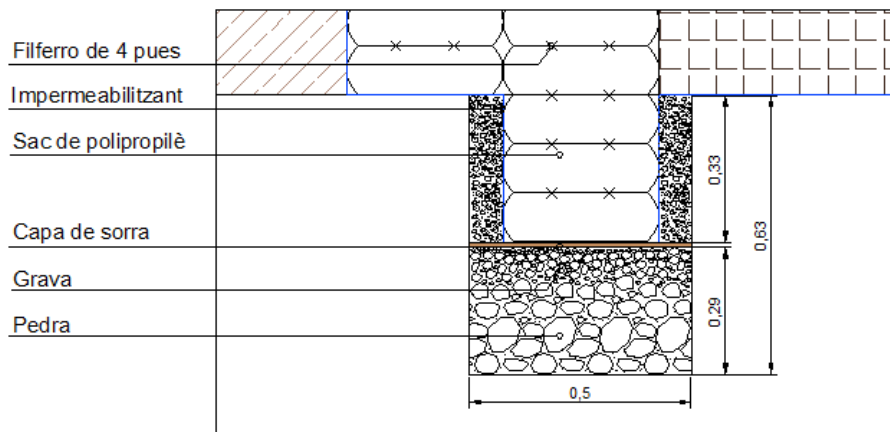


*Imatge 79: Rases circulars per fer la fonamentació de la construcció*

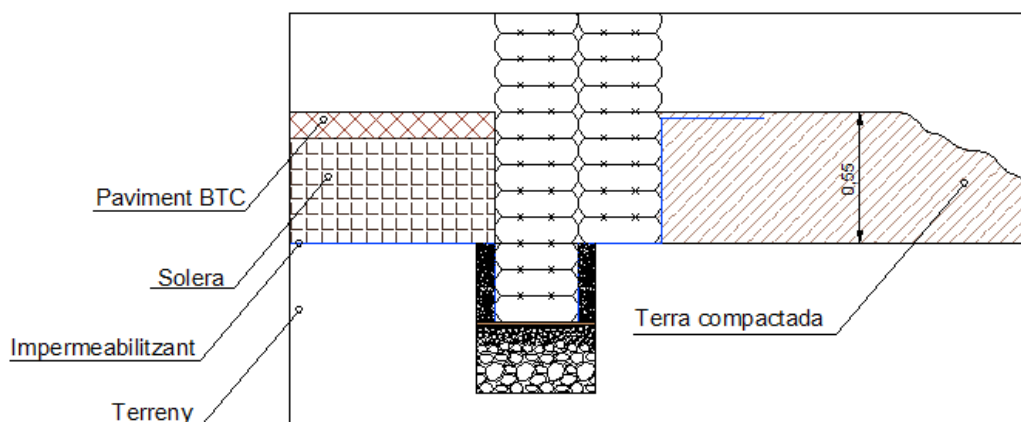
Un cop finalitzades les dues rases anivellades tal i com es mostren als plànols, es farà el sistema de drenatge amb diferents granulometries de la pedra “Kayu”, per reduir la pujada d’humitat del terreny per capil·laritat.

La profunditat del sistema de drenatge amb grava tindrà una profunditat de 30 cm, amb una última capa de sorra. Posteriorment, es col·locarà el plàstic impermeabilitzant que embolicarà tota la base de la construcció, per evitar infiltracions d’aigua del terreny cap a l’interior de la vivenda. Es col·locaran tres filades de sac un damunt de l’altre amb els respectius filferros de 4 pues, fins arribar a la cota actual del terreny.

Als laterals dels sacs, també es col·locarà una capa de pedra “Kayu” matxucada, deixant així, els sacs completament aïllats del terreny. A les imatges 80 i 81, es mostren els detalls de la partida d’obra de la fonamentació.



*Imatge 80: Detall de la fonamentació amb la pedra “Kayu”*

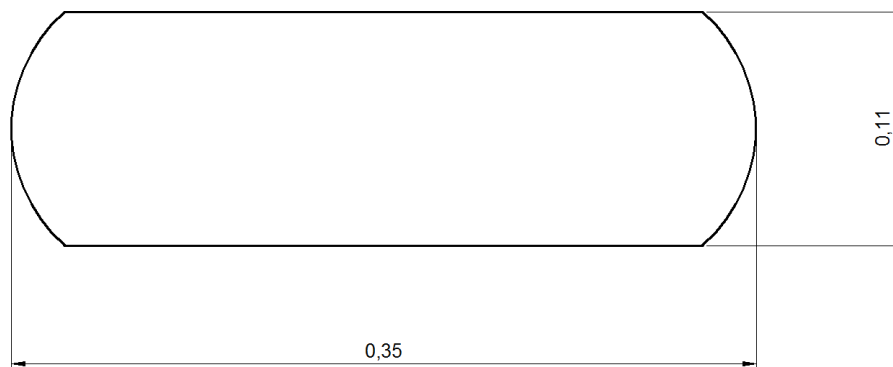


*Imatge 81: Col·locació del plàstic impermeabilitzant*



### 5.7.- Sacs transpirables de polipropilè

La construcció de tots els murs i el contraforts de la edificació es faran amb sacs transpirables de polipropilè de 45 cm d'amplada. Un cop farcits de Superadobe i compactats, els sacs quedaran amb altura de 11 cm i un gruix de 35 cm. Per tant, tindrem murs amb un gruix de 35 cm, excepte els llocs on hi hagi contrafort, ja que quedarà un gruix de paret de 70 cm, aportant així, una gran massa tèrmica a l'edificació.



*Imatge 82: Sac de polipropilè de 45 cm compactat*

### 5.8.- Filferro de 4 pues

Entre filada i filada de sac, es col·locarà filferro de 4 pues amb l'objectiu de lligar l'estructura i impedir d'aquesta manera els moviments horitzontals que puguin haver. En aquest cas, com el sac que s'utilitza té una amplada de 45 cm, es col·locaran dues filades de filferro al damunt de cada sac. La col·locació d'aquestes filades de filferro, s'especifica detalladament als plànols adjuntats al final del treball.



*Imatge 83: Filferro de 4 pues, subministrat en rotlle*

### 5.9.- Composició de la terra del Training Medical Center

Un dels viatges que va fer la Fundació Lleida Solidària, per visitar el solar del TMC, va realitzar un assaig per decantació de la terra que hi ha al solar del TMC, amb la finalitat d'obtenir la composició del sòl.



*Imatge 84: Assaig per decantació de la terra del TMC*

Per tant, la composició de la terra és la següent:

	cm	%
Llims	1,5	23%
Argila	2,5	38%
Sorra	2,5	38%
<b>TOTAL:</b>	<b>6,5</b>	<b>100%</b>

*Taula 3: Composició de la terra del TMC*

### 5.10.- Solera

El lloc on es construiran els doms, és un dels punts més baixos del terreny, per tant, durant els treballs previs es va fer un terraplenat i un anivellament de la zona on anirà la construcció, amb l'objectiu de crear una plataforma per tenir una cota més alta que la resta del solar.

Es va fer un estudi topogràfic per poder excavar les cotes més altes del TMC i poder crear d'aquesta manera una zona més alta. No obstant, després d'haver fet tota aquesta feina, avui dia, continua sent un dels punts més baixos per fer la construcció de l'habitatge Earthbag.

Durant el mesos de juny, juliol, agost i setembre de 2015, que és la època de pluges, s'ha comprovat que s'acumula molta aigua en aquesta zona.

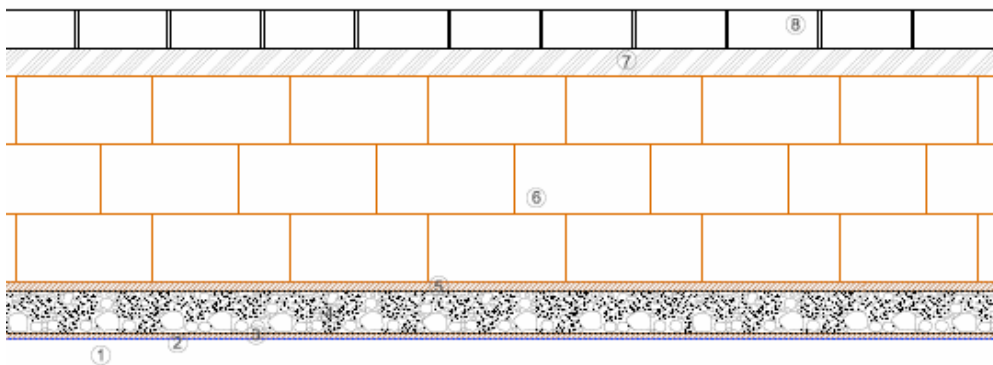


*Imatge 85: Acumulació d'aigua a la zona dels doms degut a pluges torrencials*

Com es pot observar amb la imatge 85, és necessari i imprescindible fer la construcció d'una solera per tal d'elevat l'edificació i evitar d'aquesta manera que l'aigua entri a l'interior de la vivenda.

Per tant, es construirà una solera amb un material totalment local, fabricat per Lleida Solidària i Emsimision, el Bloc de Terra Comprimit (BTC).

Aprofitant tot l'acopi de BTC's que es disposa dintre del solar i en possessió de la màquina Hydraform, s'executarà una solera interior i exterior dels doms amb els blocs de terra comprimits. A continuació, es mostra les diferents capes que formen la solera interior de l'habitatge:



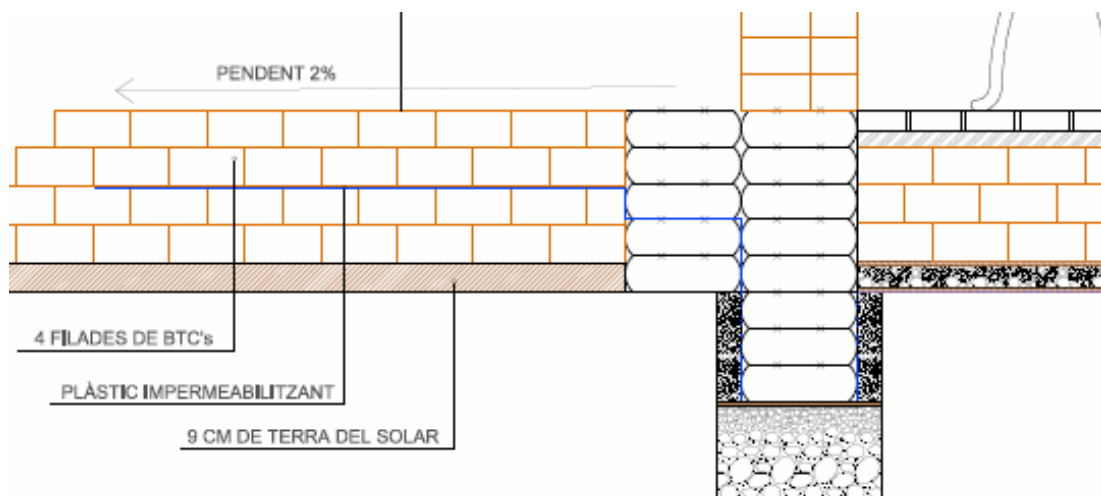
*Imatge 86: Solera interior del dom*

Les capes que hi trobem amb aquesta solera, de la cota inferior a la cota superior són:

- 1- Terreny del solar.
- 2- Plàstic impermeabilitzant, embolicant tot el dom.
- 3- 1 cm de terra per anivellar.
- 4- 7 cm de pedra "Kayu" per fer el drenatge.
- 5- 1,5 cm de sorra de regularització.
- 6- 3 filades de BTC's.
- 7- 4 cm de morter de regularització
- 8- Paviment interior en BTC's.

Amb totes aquestes capes, la solera assoleix un gruix total de 55 cm en l'objectiu d'obtenir un solera aïllant a les possibles aigües torrencials produïdes al país.

En canvi, la solera exterior als dom serà executada de forma diferent tal i com podem veure amb la imatge següent:



*Imatge 87: Solera exterior als doms*

La solera exterior formada amb els blocs de terra comprimits, tindrà una pendent del 2% per evitar que l'aigua circuli cap a l'interior de l'habitatge, és a dir, evacuant l'aigua cap a l'exterior. Les capes que formen aquesta solera són:

- 1- 9 cm de terra del solar.
- 2- Plàstic impermeabilitzant.
- 3- 4 filades de BTC's.

### **5.11.- Murs estructurals**

Els propis sacs de polipropilè emplenats amb la mescla de terra, sorra i cal (Superadobe), conformen els murs en funció estructural.

Un cop el sac és compactat, el mur es queda amb un gruix de 35 cm, excepte les parts baixes on hi ha el contrafort que el mur assoleix una amplada de 70 cm.

Amb la utilització del compàs central i el compàs d'altura (springline), s'anirà executant cada filada en planta circular, on el seu diàmetre cada vegada serà més petit, acabant l'estructura en forma de cúpula.

Per tant, podem dir que els murs d'aquesta edificació tenen una funció estructural, treballant com un arc de descàrrega.

A les zones de pas on hi ha portes, es construiran uns contraforts (orelleres) ja que l'estructura en aquells punts es debilita molt i s'ha de reforçar amb aquests.

### **5.12.- Contraforts**

Es construiran els contraforts per als dos doms, en forma d'anell perimetral. D'aquesta manera, s'emboficarà l'estructura fins a una certa altura depenent del dom que es construeixi.

És imprescindible la construcció d'aquests contraforts degut a les forces que es produeixen en aquests tipus de construccions. L'estructura té forma de cúpula, per tant, aquesta treballa com un arc de descàrrega produint una component horitzontal que el contrafort ha d'assolir.

Per al dom de 4,5 metres de diàmetre interior, la construcció del contrafort tindrà una altura de 1,70 m respecte el paviment, en canvi, per al dom de 3 metres de diàmetre interior, tindrà una alçada de 0,67 metres respecte el paviment, degut al sobre dimensionament de l'estructura (utilització del mateix sac per la construcció dels 2 doms).

### 5.13.- Coberta

La construcció de la coberta es construeix de la mateixa manera que tots els murs. A cotes superior, les filades de sac tenen un diàmetre inferior i cada cop que es puja una filada va entrant més cap a l'interior. S'ha de ser molt precís amb la utilització dels compassos, ja que és un dels punts més conflictius de l'estructura.

Per tant, la coberta es finalitza quan es tanca la cúpula amb els propis sacs de polipropilè.

### 5.14.- Revestiment

El revestiment de l'habitatge earthbag, es farà amb el sistema tradicional de l'arquitectura dels Gurunsi (Kassena). Aquesta és coneguda com cases sukhala, que formen poblats fortificats a Tiébélé, Burkina Faso. Es tracta de construccions d'adobe que es revesteixen de fang i posteriorment són adornades amb motius abstractes, que les dones de la tribu pinten a mà sobre les façanes i murs.

En primer lloc, es preparen les mescles de color i després es mulla el parament a arrebossar, és a dir, de terra o terre façonnée. A continuació, s'aplica la primera capa de terra amb excrement de vaca per regularitzar la superfície i es rega amb una mescla molt líquida d'excrement de vaca i aigua posat a mà. S'aplica una segona capa en pols de laterita (color vermell) i s'allisa amb una pedra plana.

Per a la realització de les pintures s'utilitzen els materials de l'entorn, extraient els següents pigments:

- Songo (terra vermella) procedent de la roca vermella.
- Laterita que forma el terreny.
- Argila que s'extrau del llit fluvial i és de color gris, blanc o gris oxidat.
- Nabéo o excrement de vaca.
- Gluant.
- Grafit o Kandoè zon que prové del Pays Nankana.
- Kandoè pongo o caolín.
- Tintormè o cendres, de les restes de la fusta.
- Kiporo o closca cuita del fruit néré.

Amb el pas dels anys i la interferència d'altres cultures, algunes d'aquestes matèries primeres s'han substituït com per exemple el quitrà, kotal i el petroli. Especialment aquestes dos últimes per aconseguir el color negre, ja que el grafit resulta molt més complicat d'obtenir.



Per tant, l'arrebossat són argiles laterítiques aplicades a mà i posteriorment són envernissades amb la cocció de les beines del néré (parkia biglobosa).

Quan es realitza en paraments exteriors, es dona un envernissat final de néré, encara que, cada cert temps s'ha de un manteniment de la capa final.



*Imatge 88: Arrebossat amb argiles laterítiques*

### 5.15.- Portes

Amb el disseny de la construcció de l'habitatge Earthbag, en un ús provisional de oficina més un bany, es col·locaran 2 tipus de porta:

- La porta d'entrada a la oficina en forma d'arc ogival, mitjançant unes cimbres de fusta com a encofrat.
- La porta d'entrada al bany, de forma rectangular. L'execució d'aquesta porta es farà a través d'una llinda de fusta de secció quadrada. Aquesta serà tractada amb un vernís especial, donant-li un acabat superficial totalment polit i evitar atacs de termites

El material de les dues portes serà de fusta.

### 5.16.- Finestres

Amb la construcció del dos doms (oficina i bany), la construcció de les obertures per la execució de les finestres seran de 2 tipus:

- Finestres de forma d'arc ogival, situades als laterals del dom de la oficina.
- Finestres de forma rodona. Hi ha 4 finestres petites al dom de la oficina i 1 finestra al dom del bany.

Totes les finestres estaran formades per tres fulls:

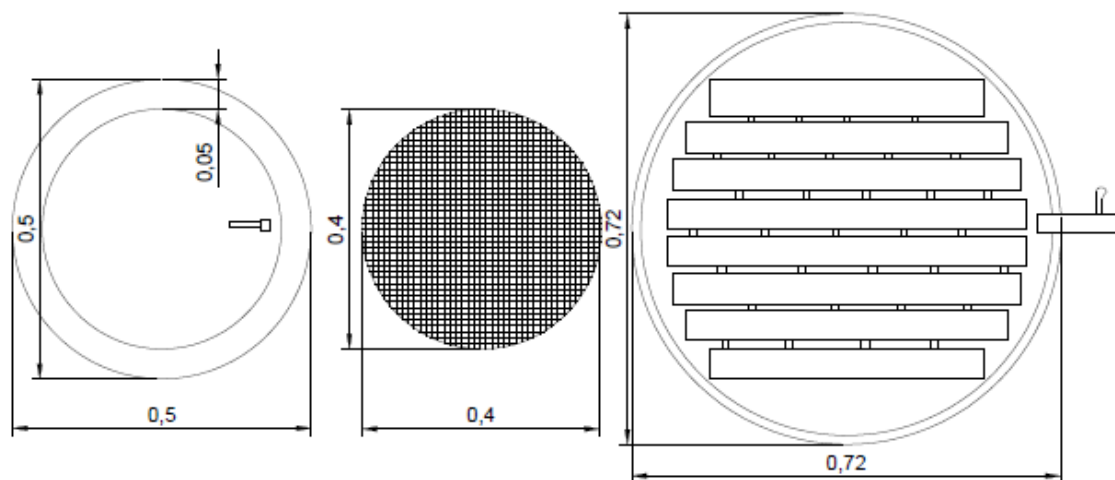
- Vidre.
- Mosquitera.
- Porticó de fusta amb lames horitzontals.

La composició de les tres capes de les finestres es degut a la climatologia del país, ja que es superen temperatures superiors als 40 °C i hi ha molts mosquits que poden transmetre diferents malalties.

La finalitat del porticó de fusta és evitar que la calor entri a l'interior de la vivenda quan no hi hagi ningú a dintre, ja que a les finestres és on hi ha un pont tèrmic molt més elevat. Per tant, és aconsellable, que quan es marxi de l'habitatge, es tanquin els porticons evitant d'aquesta manera menys transferència de calor d'un lloc a l'altre.

Tot seguit, s'adjunten les mides de les finestres rodones que hi haurà a l'habitatge, donant lloc a dos tipus diferents:

#### Tipus 1

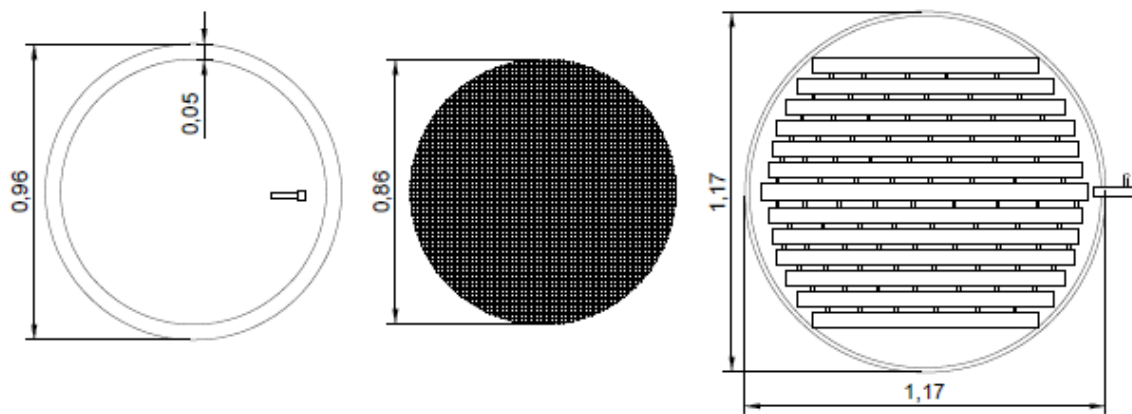


*Imatge 89: Finestra rodona, tipus 1*

A la imatge 89, podem observar les cotes de la finestra tipus 1, amb els 3 fulls que s'ha explicat anteriorment: el vidre, la mosquitera i el porticó.

Hi ha 4 finestres d'aquest tipus repartides de forma simètrica al voltat del dom central (oficina).

### Tipus 2



*Imatge 90: Finestra rodona, tipus 2*

Aquest tipus de finestra, només la trobem al bany, ja que és la única finestra que hi haurà. El sistema constructiu és el mateix que l'anterior, formada per els 3 fulls corresponents: el vidre, la mosquitera i el porticó de fusta.

#### **5.17.- Electricitat**

L'habitatge tindrà subministrament d'electricitat per als dos domos. Durant la construcció, es col·locarà un tub de PVC, per fer el pas d'instal·lació corresponent. Al costat de l'entrada, s'instal·larà la caixa general de protecció.

#### **5.18.- Aigua**

L'habitatge tindrà subministrament d'aigua per al bany, és a dir, per als sanitaris mostrats als plànols. Durant la construcció, es col·locarà un tub de PVC, per fer el pas de les canonades corresponents.

#### **5.19.- Seguretat i salut**

Durant l'execució de la construcció de l'habitatge Earthbag, hi haurà un encarregat d'obra per tal de dirigir totes les fases de construcció i imprevistos que puguin sortir durant aquesta.

L'encarregat d'obra serà el responsable de mantenir una seguretat digna per als treballadors, per evitar possibles riscos i accidents durant l'execució de totes les partides de la construcció.

S'utilitzaran guants per la manipulació de totes les eines i materials per evitar possibles accidents (talls, ferides, enganxaments,...)

Quant el dom comenci a agafar altura, els treballadors que estiguin per sota de l'edificació estaran obligats a utilitzar els casc de seguretat per possible caigudes d'objectes de diferents nivells.

L'ús de les mascaretes serà obligatori quan s'apagui la calç viva amb el aigua, ja que es desprèn molta calor i pot irritar la pell.

Per fer una correcta instal·lació de les bastides, s'hauran de seguir els passos indicats de l'encarregat d'obra per poder treballar de forma còmoda i segura en altures elevades.

També serà obligatori per a tots els treballadors, utilitzar roba còmoda per fer qualsevol feina i la utilització de botes amb punta de ferro per evitar ferides als peus en materials pesats.

## 6.- ANÀLISI ESTRUCTURAL

### 6.1.- La geometria de l'arc

L'arc és un element constructiu en forma corbada, que salva l'espai obert entre dos pilars o murs. Mitjançant una força obliqua anomenada "empenta", la càrrega és suportada per aquests pilars o murs.

Tradicionalment, un arc està compost per peces (fetes amb pedra tallada, blocs o adobe) anomenades dovelles i poden adoptar formes corbes diferents que treballen sempre a compressió.

L'arc sempre converteix les forces verticals de compressió en forces laterals, per aquest motiu sempre s'ha de construir un contrafort per contrarestar aquesta força obliqua.

Les dovelles de l'arc sempre van empenyent-se entre si, transmetent les forces verticals i convertint-les en una component horitzontal. Per tant, el càlcul de l'empenta d'un arc i poder decidir quina dimensió ha de tenir el contrafort, és un dels punts més conflictius estructuralment en la construcció.

### 6.2.- Forces amb una llinda recta

L'arc sempre descarrega poc a poc el seu pes vertical dels murs fins a la fomentació. Així, les parts baixes de l'edifici sofreixen menys esforç de càrrega que una llinda recta. En les llindes rectes no funciona d'aquesta manera, ja que en el sistema constructiu del Superadobe necessiten un reforç interior armat al sac o una biga de suport.

### 6.3.- Estudi del contrafort, regla de Derand

L'arc ogival és més estable que l'arc de mig punt, ja que la descàrrega del seu pes és més ràpida fins al terreny. Aquest estudi ens confirma que l'arc de mig punt necessita un contrafort més ample que l'arc ogival.

Per construir amb el sistema del Superadobe sempre utilitzarem el mateix sac per fer els murs i els contraforts.

#### **6.4.- Funcionament estructural**

El funcionament d'una cúpula és molt similar a la de un arc, desenvolupant una força interna en sentit meridional que es va transferint fins a la base. Es transfereix per forma, de manera que gairebé tota la secció està treballant a compressió, suportada molt bé per materials com el formigó, la terra i la pedra.

A diferència dels arcs, la cúpula és capaç de resistir més perquè desenvolupa una força interna perimetral a través de la contracció o dilatació dels anells. Algunes cúpules no s'apuntalen ja que poden ser estables encara que no estiguin tancades.

La carga predominant d'aquest tipus d'estructura és el pes propi i les altres càrregues gravitatòries no es tindran en compte. La línia de pressió és el camí que recorren les forces internes per dintre de la estructura, transmeten les tensions fins al terreny. Al arribar al peu de la cúpula, la component horitzontal és elevada i per aquest motiu és imprescindible col·locar algun element amb murs que actuïn de contrafort o un anell per resistir aquestes tensions de tracció.

#### **6.5.- Càlculs dels contraforts amb estàtica gràfica**

L'edificació que s'implantarà al Training Medical Center es tracta de fer la construcció de dos domos amb superadobe de diferents diàmetres:

- 1 dom de 4,5 metres de diàmetre interior.
- 1 dom de 3 metres de diàmetre interior.

En funció del diàmetre interior del dom, s'utilitzarà una mida de sac o un altre, per tant, al dom de 3 metres de diàmetre li pertoca un sac de 30 cm d'amplada, en canvi, al dom de 4,5 metres de diàmetre li pertoca un sac de 45 cm d'amplada.

En tota la construcció s'utilitzarà el mateix tipus de sac, el de 45 cm d'ample. Això significa, que el dom de 3 m de diàmetre estarà sobre dimensionat respecte al dom de 4,5 m.

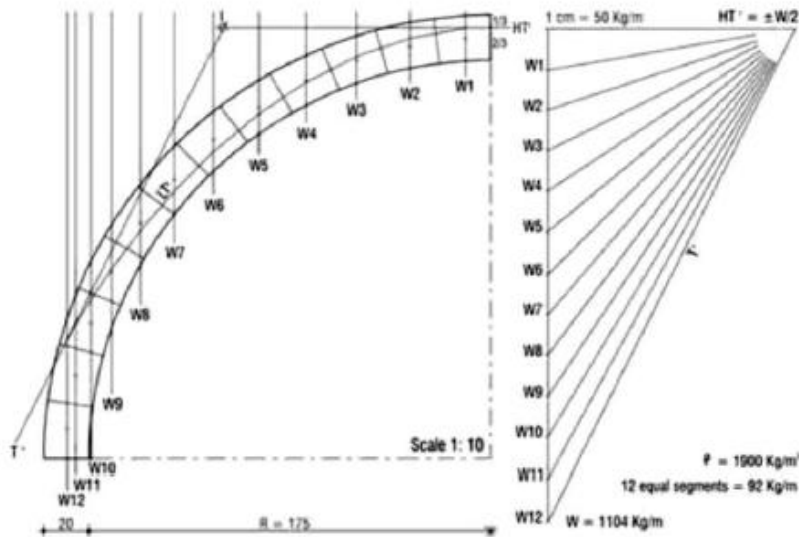
En aquest apartat, s'explicarà els fonaments principals de l'estàtica gràfica, ja que s'ha comprovat el càlcul de la dimensió dels contraforts dels dos domos mitjançant l'anàlisi d'un arc de fàbrica.

Els mètodes de l'estàtica gràfica es basa en equilibrar les càrregues a les reaccions de l'estructura. La incògnita és la reacció horitzontal HT com s'indica a la imatge de sota.

Per aïllar aquesta component, primer s'ha de dividir la cúpula en dovelles i calcular el pes proporcional d'aquesta. Es realitza l'equilibri de moments respecte al peu de l'estructura del moment degut al pes propi i la reacció horitzontal en la coronació.



Aquest mètode, no considera la possibilitat de que els anells agafin força ja que la reacció horitzontal en la coronació es combina amb els pesos de cada dovella per guiar la resultant, per lo que la força horitzontal en cada dovella és igual. Hi hauria esforços als perímetres si hagués un diferencial de força horitzontal entre dovelles.



*Imatge 91: Línia de “empuje” per el mètode d’estàtica gràfica*

Tot seguit, s’explicarà el mètode que s’ha utilitzat per calcular la resultant de les forces que passa per l’interior dels sacs de Superadobe. Amb aquests càlculs, s’entén la utilització dels contraforts per aquest tipus d’estructures, ja que es tracta d’una força obliqua amb una component horitzontal que empenya cap a l’exterior.

Per calcular-ho, s’ha agafat el model d’anàlisi d’un arc de fàbrica de l’Antonio Blázquez.

S’explicarà tot el procés per obtenir la línia de “empuje” per als diferents estat de càrrega de l’arc:

El primer que s’ha de fer, és dividir les rosques de l’arc en un nombre discret de dovelles per tal d’obtenir la línia de “empuje”. Quant més dovelles tingui l’arc, més precisa serà la línia de “empuje”, però també serà molt més costós per obtenir-la. Un cop tenim les dovelles, es construirà una taula agafant un full de càlcul on s’enumerarà cada una de les dovelles de l’arc. Aquest càlcul es farà sobre un semi arc ja que l’estructura és simètrica. La primera peça serà la “clave”, que en aquest cas és mitja peça.

Es calcularà el pes propi de cada dovella, és a dir, la seva superfície x gruix de l'arc x pes específic del totxo. En el nostre cas, agafarem el pes específic del superadobe, en un valor de  $2000 \text{ kg/m}^3$ .

S'ignoraran tots els altres estats de càrrega com ara, el pes de la paret, la càrrega de neu i el pes de la coberta, ja que solament ens interessa el pes propi del sac per calcular la línia de "empuje".

A continuació, traçarem una línia que passarà pel centre de cada dovella per tal d'obtenir el centre de gravetat de cada una d'elles. Tot seguit, dibuixarem un primer funicular qualsevol per obtenir una línia de "empuje" auxiliar que ens permetrà conèixer el centre de gravetat de les forces d'aquest semi arc.

Com s'ha dit anteriorment, solament utilitzarem el pes propi i dividirem les forces per 10 per a que no ens surti un funicular excessivament gran. D'aquesta manera, es dibuixaran paral·leles amb els valors de cada pes propi de les diferents dovelles, en aquest cas, els sacs de polipropilè.

Un cop dibuixats tots els valors de cada dovella per dibuixar el funicular, s'ha d'escollir una empenta horitzontal com a base d'una línia de "empuje" auxiliar i es dibuixaran totes les línies per a cada càrrega fins a tenir tot el funicular complet.

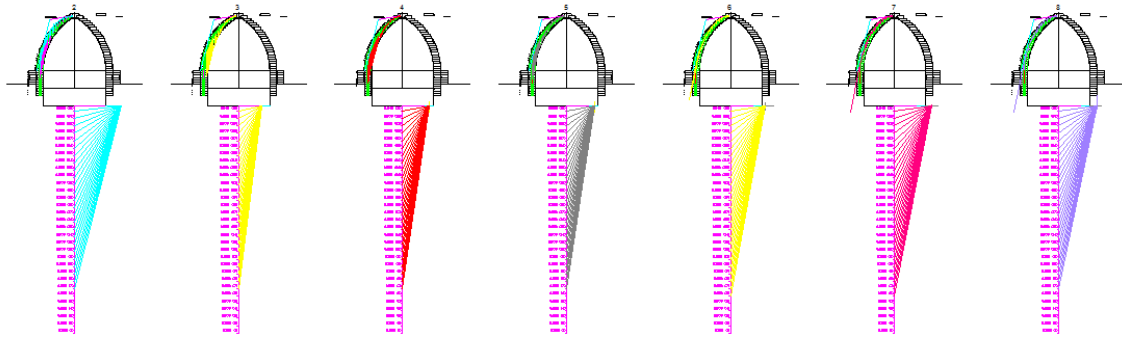
A continuació, s'ha de copiar aquesta primera línia (força) a la part superior de la "clave" perquè sabem que a l'arc s'ha produït una ròtula en aquest punt, ja que es produeix una esquadra més oberta fins a l'interior de l'arc que ens indica que hi ha una línia de "empuje" que està passant pel costat exterior.

Un cop col·locada aquesta primera línia o força, les altres línies o forces es col·locaran en la intersecció de l'anterior línia amb el centre de gravetat de la dovella següent i així successivament.

D'aquesta manera, aconseguirem construir una línia de "empuje" que ens permetrà saber que a la part superior, per la simetria, la reacció ha de ser totalment horitzontal. Per tant, la intersecció d'aquesta línia horitzontal amb la reacció de la base de l'arc, obtindrem el centre de gravetat del semi arc per al estat de càrrega considerat.

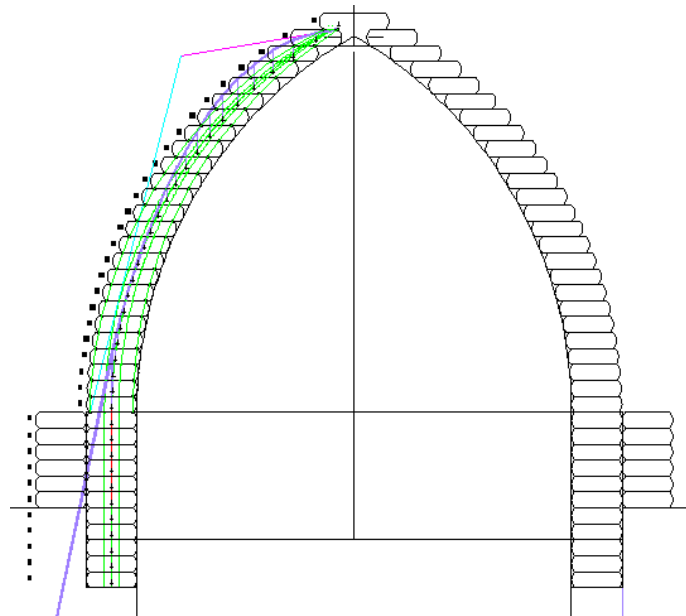
Tot seguit, es dibuixarà una primera línia de "empuje" per tal d'obtenir-la continguda a dintre de l'arc per tal de reproduir les lesions: una ròtula en la "clave", una altra ròtula en la zona intermèdia que està partint els totxos, en aquest cas el sacs de superadobe. Per tant, ens indica que la línia de "empuje" és tangent a l'interior de l'arc.

Finalment, es tracta de fer diferents proves o tantejos per aconseguir una línia de "empuje" ideal per arribar a la solució definitiva.



*Imatge 92: Tantejos per aconseguir la línia de "empuje" final*

Després d'haver fet tots els tantejos necessaris per trobar la línia de "empuje" final, que passa per dintre de la secció dels sacs, es veu amb claredat la obligació de construir contraforts a tot el perímetre dels doms per assolir la força horitzontal. La resultant és una força obliqua composta per dues forces: 1 força vertical i 1 força horitzontal.



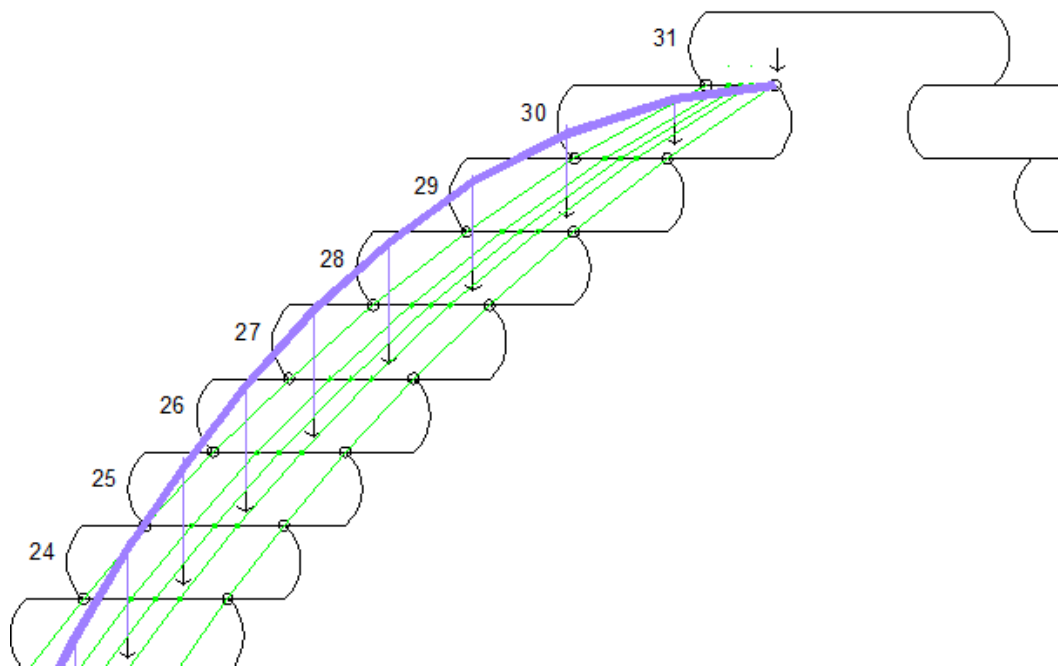
*Imatge 93: Càlcul de la línia de "empuje"*

Com es pot observar en la imatge 93, és obligatori la construcció del contrafort en forma d'anell perimetral per a que l'estructura no entri en col·lapse i s'enfonsi. Per tant, no és que s'hagi fet un càlcul precís, però s'ha comprovat estructuralment com funciona aquest tipus de construcció. El mètode emprat ha estat el mètode de l'estàtica gràfica.

Una de les conclusions que s'ha pogut comprovar i que és un punt característic a tenir en compte de la construcció, és la part superior de la cúpula.

Com es pot observar en la imatge 94, la línia de "empuje" surt completament del terç central de la secció, donant lloc a una tracció que està assolint el sac. A cotes més inferiors, la resultant calculada va entrant poc a poc dintre del terç central.

Per tant, a les parts superiors de les cúpules dels doms, hi ha una força de tracció molt elevada, que els propis sacs fan la funció d'encofrat del Superadobe de la estructura.



*Imatge 94: Força de tracció a la part superior de la cúpula*

La conclusió final és:

- Un cop finalitzada l'estructura, s'ha de deixar que endureixi i agafi resistència mecànica la mescla de Superadobe abans de fer el revestiment final. Per tant, no es pot treure el sac immediatament per fer el revestiment ja que està assolint les forces de tracció corresponents.
- S'ha de vigilar amb el temps per treure el sac, ja que si es treu abans d'hora es poden tenir conseqüències molt negatives amb la estructura dels doms.

## 7.- ASPECTES BIOCLIMÀTICS

### 7.1.- Els climes de latituds baixes: Arquitectura en climes càlids i secs

A les latituds baixes de la Terra, la radiació solar incideix d'una manera molt perpendicular durant la major part de l'any. Això implica que ha de travessar menys massa atmosfèrica i que la irradiància serà molt elevada. Com a conseqüència, les temperatures que s'arriba amb aquestes zones són també molt elevades.

Si la humitat és baixa, que donaria lloc a un clima càlid i sec, la nitidesa atmosfèrica afavoreix l'arribada de la radiació solar a la Terra i permet que s'aprofiti al màxim el seu potencial. Per una altra banda, donada aquesta transparència es manté durant la nit, els efectes de refredament per re irradiació nocturna són molt potents i és característic d'aquestes zones, una baixada molt brusca de temperatura al amagar-se el sol. Això dona lloc a una oscil·lació diària de temperatures molt elevada, amb extrems molt poc confortables al llarg del dia i de la nit.

Si les latituds d'aquestes terres arriben a un màxim de 20 graus no existiran diferències significatives entre les estacions, pel que no apareixen diferències tèrmiques entre l'estiu i el hivern; la oscil·lació anual de temperatures serà molt petita. Si la latitud arriba fins als 40 o 45 graus, possibles amb alguns llocs amb aquest clima, sí que hi haurà estacions tèrmiques, ja que el sol de l'hivern estarà, amb aquests casos molt més baix que el de l'estiu. Tindran, per tant hiverns freds, encara que la oscil·lació anual de temperatures seguirà sent moderada.

Les invariants de la arquitectura popular amb aquestes zones es basen amb quatre estratègies bàsiques:

- 1- Protecció de la radiació solar.
- 2- Incorporació de molta massa tèrmica.
- 3- Refredament evaporatiu.
- 4- Refredament radiant.

La protecció solar té com a objectiu reduir els efectes de la radiació solar, evitant així el sobreescalfament de l'interior de la vivenda, amb la intenció de crear microclimes favorables entorn a l'edifici.

Per això, les estratègies típiques de caràcter urbà són:

- La presència de patis auto ombrejats per l'edifici.
- Carrers estrets auto ombrejats pels edificis que els formen i pels complements (tendals, canyissos, gelosies,...) que es col·loquen sobre ells.

- Voladissos que facin ombra als carrers.
- Carrers amb un traçat irregular dificultant la circulació de l'aire diürn calent.
- Presència de vegetació que permeti el refredament evaporatiu.

Amb relació als edificis, les estratègies més comuns són:

- Voladissos que facin ombra als forats i a les façanes.
- Forats petits i protegits amb gelosies, porticons, cortinatges,...
- Colors clars de façana per reflectir la radiació solar.
- Murs amples i pesats per tal de dotar a l'edifici de massa tèrmica i assegurar a l'interior una temperatura estable.
- Presència de patis que permetin la presència de vegetació (refredament evaporatiu) i la reirradiació nocturna (refredament radiant).
- Presència d'aigua en forma de fonts, estanys, recipients,...

Per tant, tenint en compte tots aquests aspectes citats anteriorment, s'ha dissenyat l'habitatge earthbag en l'objectiu d'aconseguir una vivenda en un confort tèrmic adequat tot i la climatologia del país.

Al DVD que s'adjunta amb el treball final de grau, es pot observar el disseny de la zona residencial construïda en Superadobe. Es tracta d'un conjunt de domos formant un pati interior donant lloc a un espai comú en la finalitat d'un ús de menjador per tots els cooperants del centre mèdic.

Tot el complex d'aquesta aldea de Superadobe, es tanca en murs de petita alçada de forma circular, creant d'aquesta manera, murs des de la part exterior i seients de la banda interior.

## **7.2.- Vegetació a Burkina Faso**

Un dels punts més importants per construir aquesta aldea residencial de superadobe, és la vegetació. Per tant, entre dom i dom es plantaran arbres per evitar la radiació directa sobre les edificacions construïdes.

D'aquesta manera s'aconsegueix un refredament evaporatiu i es creen ombres disminuint considerablement la temperatura.

A continuació, es mostraran els tres arbres més típics i plantats que es poden trobar a la ciutat de Ouagadougou.



### 7.2.1.- Flamboyant (Delonix Regia)

Les característiques d'aquest arbre són:

- Nom científic o llatí: Delonix règia (Bojer) Raf.
- Nom comú o vulgar: Flamboyán, Flamboyant. Arbre de la flama.
- Família: Leguminosae.
- Origen: Madagascar.
- Arbre caduca de 6 a 8 metres d'altura, amb una copa frondosa i un tronc una mica torçat. L'escorça és de color gris.
- Flors de color vermell intens amb fruit en llegum coriàcia de 40-50cm de longitud.

És un arbre molt apreciat en jardineria per la seva espectacular floració de color vermell intens, sent difosa per jardins dels tròpics i zones subtropicals de tot el món.

La seva millor imatge és quant està en floració ja que té un color molt viu. S'utilitza com a exemplar aïllat, formant grups o en alineacions de carrers.

És un arbre de sistema radicular agressiu, per la qual cosa ha de tenir suficient espai per expandir les seves arrels i és molt sensible al fred



*Imatge 95: Flamboyant*



*Imatge 96: Flamboyant amb sòco*

### 7.2.2.- Acàcia

Les acàcies (Acàcia) són un gènere de plantes amb flor de la subfamília mimosoideae, de la família de les fabàcies, amb un nom científic de *Robinia pseudoacacia*. Aquest gènere és originari dels territoris que formaven el continent arcaic de Gondwana.

La majoria d'espècies habiten a Austràlia i la resta es reparteixen entre l'Àfrica tropical, el sud de l'Àsia i el continent americà.

Les acàcies tenen usos forestals (fusta, goma aràbiga), ornamentals, culinaris o medicinals.

Són arbres o arbusts, generalment de fulles compostes pinnades, però que en alguns casos tenen els pecíols que fan la funció de les fulles. Les flors són petites i amb cinc pètals, normalment de color groc, però poden ser-ne d'altres, com el porpra. El fruit és un llegum i de vegades són plantes espinoses que ocasionalment poden acollir en simbiosi formiguers.



*Imatge 97: Arbre Acàcia*



*Imatge 98: Fulla de l'arbre Acàcia*

### 7.2.3.- Mango

A Bobo Dioulasso, la segona ciutat de Burkina Faso, principal àrea de producció, estan especialitzats en fruites orgàniques de bona qualitat i altres productes agrícoles. Són productors amb plantacions a Burkina Faso, Ghana i Togo

Burkina Faso és el major productor de mangos a l'Àfrica occidental, amb més de 250.000 tones per any.

A Bobo-Dioulasso és una de les zones de Burkina Faso on hi ha més cultiu.

El mango és una fruita de la zona tropical i pot ser fibrosa o no. És una fruita normalment de color verd i groga o taronja quant està madura de gust mitjanament àcid quant no ha madurat completament



*Imatge 99: Arbre mango*

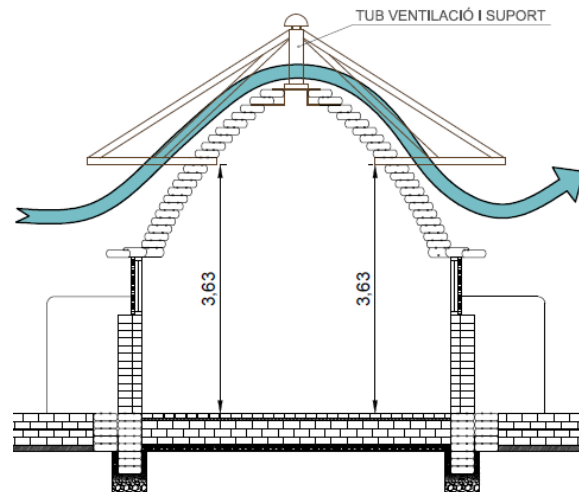


*Imatge 100: Fruita mango*



### 7.3.- Doble coberta de fusta

Un altre punt de la construcció que s'ha tingut en compte ha sigut la construcció d'una doble coberta al dom de 4,5 metres de diàmetre interior, ja que és l'espai més habitable de la construcció. Degut a la climatologia del país que el sol és molt perpendicular durant tot el dia perquè és un país molt pròxim a l'equador, es construirà una doble coberta amb la funció de "barret" per protegir de la radiació directa del sol en l'objectiu de tenir un gran confort tèrmic interior de la vivenda.



*Imatge 101: Ventilació amb la doble coberta*

La funció principal d'aquesta coberta és:

- Protecció de la radiació directa del sol.
- Ventilació constant de la zona més alta del dom.
- Protecció del revestiment a la època de pluges.

La construcció d'aquesta coberta es realitzarà amb unes bigues de fusta recolzades sobre el mur a una distància de 3,63 metres respecte el païment acabat. Posteriorment, es col·locaran uns travessers de fusta (costelles) que recolzaran sobre aquestes biguetes fins al tub de suport, com podem observar en la imatge anterior. Després de col·locar la estructura de fusta, s'embolicarà tota aquesta amb el filferro de 4 pès que s'utilitzarà per fer l'estructura de la construcció, ja que és un material que es podrà obtindre fàcilment.

Finalment, es col·locaran canyes i palla per donar el seu acabat final, aconseguint un tancament total de la coberta.

El suport superior de la coberta també té la funció d'evacuar l'aire calent de la part més alta del dom.

## 8.- AMIDAMENTS

Aquest treball final de grau no consta d'uns amidaments exhaustius, ja que es va fer tota la compra de materials i eines agafant com a referència el dom construït durant el taller d'autoconstrucció en Superadobe a la Universitat de Lleida.

*Els amidaments del dom de 3 metres de diàmetre interior construït a la Universitat de Lleida són els següents:*

	Material	Cantidad	Coste del material utilizado
<b>ESTRUCTURA</b>	Sorra	20740 kg	437,51 €
	Terra argilosa	20740 kg	250,95 €
	Òxid de calç en pols	500 kg	113,74 €
	Filferro	750 m	104,72 €
	Saco de PP de 45	600 m	181,50 €
	Llinda Puerta	2 uds	43,00 €
	<i>Sub-total</i>		1131,43 €
<b>REVESTIMENT</b>	Calç aèria en pasta CL-90	80 kg	36,00 €
	Cal aèria en pasta CL-89	220 kg	99,03 €
	Emulsió asfàltica	20 kg	51,73 €
	Sorra cribada	1000 kg	24,72 €
	Tot-U	1000 kg	100,00 €
	<i>Sub-total</i>		311,48 €
	<b>Eines i maquinària</b>		
	Excavació rasa fonamentació	3,75 m3	105,88 €
	Compactadors (pisón metàl·lic)	2 uds	121,00 €
	Malla criba i tub PVC	-	39,61 €
	Manguera i "Lijas"	-	11,36 €
	<i>Sub-total</i>		277,85 €
<b>TOTAL</b>			<b>1720,76 €</b>

Actualment, al container que hi ha a dintre del Training Medical Center hi ha tot el material i eines guardades que es va comprar durant els treballs previs que es van fer a l'abril del 2015.

L'equip de treball va fer tots el contactes de les empreses i proveïdors de tota aquesta compra feta. Per tant, durant la 1<sup>a</sup> fase de construcció dels dos doms, l'encarregat d'obra serà el responsable de controlar tots els amidaments i materials que s'utilitzin durant tot el procés constructiu.

Si hi ha algun moment de la construcció que s'esgoti algun material, s'anirà a comprar als llocs contactats del primer cop. Per tant, l'encarregat d'obra portarà totes les còpies de les factures realitzades a l'abril per obtenir les adreces de cada lloc amb rapidesa.

La terra que és el material principal de la construcció, hi ha un accés directe ja que és la pròpia terra del terreny. Per tant, si en algun moment donat es necessita terra, es contractarà un pala-excavadora per fer un altre acopi.

Quan s'acabi la construcció pertinent, s'obtindran uns amidaments exhaustius de tots el materials utilitzats durant l'obra.



*Imatge 102: Eines i material a dintre el container*



## 9.- PRESSUPOST

Aquest taller s'emmarca dins del projecte de cooperació internacional, coordinat per la Universitat de Lleida, en col·laboració amb la Fundació Lleida Solidària, Domoterra Superadobe, i finançat per l'ODEC (Oficina de Desenvolupament i Cooperació de la Universitat de Lleida).

- Quadres de les despeses de la construcció dels treballs previs durant l'abril del 2015 del centre mèdic Training Medical Center a Burkina Faso:

### Materials

Dia	Concepte	Import	Moneda
10/04/15	Alambre 3000m (Hage)	191,500	CFA
15/04/15	Fusta travesses i plantxes	120,050	CFA
15/04/15	Compra Tubs PVC 110	8,750	CFA
15/04/15	Compra Tubs PVC 75	2,000	CFA
15/04/15	Lona Plastic Negre	24,000	CFA
16/04/15	Costelles Encofrats	49,950	CFA
17/04/15	Arena i pedra	425,000	CFA
17/04/15	Calç	40,500	CFA
17/04/15	Cimbres Fuster	34,500	CFA
<b>SUBTOTAL</b>		<b>896,250</b>	<b>CFA</b>
		<b>1,366.23</b>	<b>€</b>

### Eines

Dia	Concepte	Import	Moneda
13/04/15	Eines Hage Materieux	76,501	CFA
13/04/15	Eines Ets Locks & Tools	33,100	CFA
14/04/15	Eines Tarda	80,150	CFA
15/04/15	Compra regles metall	12,000	CFA
15/04/15	Compra Baul	30,000	CFA
18/04/15	Pisons	30,000	CFA
08/04/15	Guants 4U.	2,500	CFA
10/04/15	2 Carretons	48,000	CFA
<b>SUBTOTAL</b>		<b>312,251</b>	<b>CFA</b>
		<b>475.99</b>	<b>€</b>

### Maquinària

Dia	Concepte	Import	Moneda
10/04/15	Retroexcavadora	125,000	CFA
11/04/15	Topografo	75,000	CFA
15/04/15	Motonivelladora	511,360	CFA
<b>SUBTOTAL</b>		<b>711,360</b>	<b>CFA</b>
		<b>1,084</b>	<b>€</b>

<b>TOTAL</b>	<b>2,926.62</b>	<b>€</b>
--------------	-----------------	----------

Per tant, durant el viatge realitzat el mes d'abril del 2015, es van gastar 2,926.62 € amt tot el material i eines comprades per realitzar la construcció de l'habitatge Eartbag.

A continuació, es mostra una taula de les despeses de tres cooperants del viatge (Ramon Llimós, Ramiro Muñoz i l'Eduard Zafra) realitzat. Hi ha la suma dels vols, dietes, allotjament, visats, moviments de terra i les eines i materials comprats al país.

Viatge cooperants	1,995.00 €
Dietes	558.90 €
Allotjament	277.00 €
Visats	150.00 €
Materials de construcció	1,366.23 €
Eines	475.99 €
Moviments de terra	1,084.39 €
<b>SUBTOTAL</b>	<b>5,907.52 €</b>

Un cost que s'ha de suma en aquest pressupost és la compra del sac de polipropilè de 45 cm d'ample, ja que va ser impossible comprar-lo a Burkina Faso.

El preu del sac a Domosac Barcelona és:

- 0,30 € / m x 600 m = 180 € (dom de 3m de diàmetre interior)
- 0,30 € / m x 1200 m = 360 € (dom de 4,5 m de diàmetre interior)

Per tant, la compra del sac de polipropilè per fer la construcció tindrà un cost aproximadament de 540 €.

## **10.- ANNEXES**

### **10.1.- Diari del viatge a Ouagadougou (6 al 19 d'abril, 2015)**

#### **10.1.1.- Dilluns, 6 d'abril**

Sortida de l'aeroport de Barcelona a les 13:30 i arribada a l'aeroport de Casablanca a les 15:30. Després d'una llarga espera a l'aeroport del Marroc, a les 21:20 agafem l'avió direcció a Ouagadougou. Finalment arribem a les 12 de la nit a la capital de Burkina Faso, on ens espera el responsable d'Emsimision a Burkina, Issaka. Ens porta fins a l'hotel La Paix, hotel on ens hi estarem durant tota l'estància a Ouagadougou.

#### **10.1.2.- Dimarts, 7 d'abril**

Ens llevem a les 8am, després de dormir tota la nit en l'aire condicionat engegat. Anem al TMC a veure el terreny i la tanca perimetral construïda amb BTC. Fem assajos a compressió per comprovar quina és la resistència que poden suportar el blocs. El bloc degradat pot suportar una resistència de 1,5 MPA, en canvi l'altre bloc pot suportar 3MPA. Juntament amb Issaka, organitzem les tasques a realitzar durant el dimecres per tal de poder fer l'acopi de material en un mateix lloc, endreçar i comprovar que hi ha dins dels container d'Emsimission.

#### **10.1.3.- Dimecres, 8 d'abril**

Després d'una llarga i calorosa nit ens llevem a les 7am per tal d'estar preparats a les 8am, ja que a aquesta hora hem quedat amb l'Issaka al centre La Paix. A les 8:30, el Ramon, el Kelian, l'Issaka i jo anem al centre de Ouagadougou per canviar divises, de euro a CFA. Un cop fet el canvi de moneda ens dirigim a La Paix a buscar el David. Anem tots junts al TMC amb el cotxe. Contractem un equip de burkinesos per tal de fer l'acopi de tots els BTC en un mateix lloc i deixar una via d'accés neta per al pas de maquinària i altres instruments. Netegem el container per dins i fem inventari de les eines de les que disposem. Trobem molt poques eines, així que ens esperen uns dies llargs per buscar i gestionar tots el materials...

D'una banda, amb la cinta mètrica acotem tot el terreny per tal de fer un plànol de l'estat actual. D'altra banda, un cop l'equip ja està treballant, ens dirigim tots junts a la Universitat d'Enginyeria i Edificació 2IE. Allí visitem un centre de producció de BTCs a partir de la màquina propietat d'Emsimision.

Sopem a casa Issaka i la seva dona, Mamunata, ens prepara kuskus. Mirem el Barça - Madrid pel Canal+.

#### 10.1.4.- Dijous, 9 d'abril

Després de dormir poc, ja que la nit anterior vam estar a l'aeroport esperant, fins a altes hores de la nit, al Ramiro, esmorzem tots junts a La Paix a les 9am. Debatem tots junts com gestionar i contactar amb proveïdors de calç viva (1T), sac continu de polipropilè transpirable (1500m) i amb alguna una empresa de maquinària per fer els moviments de terra corresponents.

A primera hora del matí visitem el TMC perquè Ramiro comprovi l'estat actual i conegui la vegetació que hi ha al solar.

Durant el matí, anem a diferents botigues per poder comparar el preu de la calç que ofereixen en bidons de 30 kg; aproximadament el preu és de 400€/tona (molt car respecte al preu d'Espanya).

Després anem a una empresa on fabriquen sacs de polipropilè i on parlem amb un dels responsables de la fàbrica. Li expliquem qui som i el tipus de construcció que pretenem fer amb els sacs. Ens diu que 1500m és una quantitat molt petita, pel que probablement no ens ho podran vendre, però que, en canvi, disposen de sacs de 45cm d'ample. Ens donen una targeta de contacte i quedem que ens posarem en contacte el més aviat possible per poder començar amb les gestions.

Tot seguit anem a buscar una empresa on poder comprar filferro de 4 pues. Tanmateix, a l'hora que arribem a l'empresa, aquesta està tancada ja que és hora de dinar.

No parem durant tot el matí visitant diferents botigues, buscant i comparant preus de calç, etc. Ens adonem que els preus no varien molt els uns dels altres, així que decidim contactar amb una empresa constructora que s'ha responsabilitzat d'alguna rehabilitació a Burkina i que ha utilitzat calç d'alta qualitat (calç viva). Quedem per demà a les 9am amb la responsable per parlar sobre el tema de la calç.

Dinem a la Paix a les 3pm amb menjar que comprem al supermercat.

A les 4pm sortim de La Paix per recollir a l'Issaka i acabem les gestions que han quedat pendents al matí (bàsicament trucades per telèfon).

Anem a buscar maquinària per fer la neteja de la capa vegetal i anivellament del terreny (és una tasca complicada ja que moltes empreses no estan disposades a ser contractes per només un dia, volen un contracte més durador). Finalment, després de consultar a 4 o 5 empreses, en trobem una que disposa d'una retroexcavadora. Un treballador de l'empresa ens acompanya al terreny on s'ha de realitzar la feina per

poder analitzar l'abast del treball a fer i poder fer un pressupost. Demà ens trucarà per dir-nos quin seria el pressupost per la feina.

Per acabar la jornada de treball, fem el replanteig del terreny per fer la col·locació de la porta d'accés; es parla de fer-ho sobre el mur de prova existent.

Arribada complicada a La Paix ja que hi ha molts talls de llum i no ens podem dutxar. A més a més, fa molta calor, avui hem arribat als 46 graus. Per tot això, ens mereixem un premi: anem a sopar a la pizzeria!

#### **10.1.5.- Divendres, 10 d'abril**

A les 9am anem a veure el president d'Emsimision a Burkina Faso, el senyor Drabo, a la seva consulta al Parlament. Li expliquem el projecte que volem fer amb Superadobe i li presentem la tècnica constructiva.

Després anem a veure, per tal de comprar calç, una senyora que és constructora i que es va encarregar de la rehabilitació d'un museu de música. En la rehabilitació que va dur a terme va utilitzar calç per fer els arrebossats i activitats varies. Ens diu que disposa de molta quantitat de calç en fàbrica.

Acordem que ens trucarà per dir-nos si disposa d'una tona de calç viva, ja que en aquest moment no està segura.

Tot seguit anem a un centre comercial de construcció on comprem 3.000m de filferro de 4 pues.(293€).

Després ens dirigim al TMC, ja que a la 1pm hem quedat amb l'empresa que ens facilita la màquina retroexcavadora. Després de diversos problemes, la màquina ens ha anivellat el terreny, però no com ho havíem pactat.

A les 6pm, de camí a casa l'Issaka, contactem amb el topògraf per a que estigui demà a les 9am al TMC, ja que vindran 2 màquines per acabar els moviments de terres.

A les 7.30pm sopem a La Paix, arròs amb carn.

#### **10.1.6.- Dissabte, 11 d'abril**

De bon matí ens llevem i anem a pagar a l'empresa que durant el dia d'ahir va fer els moviments de terra.

A les 9am ens hem reunit tot l'equip al TMC, ja que és a aquesta hora quan arriben la "pala cargadora" i la "moto anivelladora". Quan comencem a treballar amb les màquines ens adonem que la "pala cargadora" no és necessària, així que només fem ús de la "moto anivelladora".

A les 10am arriben les 2 persones de l'equip topogràfic que es dediquen a posar les estaques a diferents punts dels terrenys indicant els punts a rebaixar. Un cop les estaques han estat situades, guiem al maquinista pels punts on ha d'excavar per tal d'anivellar el terreny (el lloc on situarem els domos).

A les 5.15pm el maquinista finalitza el seu treball. Paguem a l'empresa, pels serveis realitzats, 700€ aproximadament.

Ja al vespre anem a casa Issaka a sopar i relaxant-nos mirant el Sevilla – Barça.

#### **10.1.7.- Diumenge, 12 d'abril**

Avui tenim el matí lliure, així que aprofitem per donar una volta per la ciutat i visitar un parc.

Dinem a La Paix i a la tarda anem al TMC per tal d'ajudar al David amb el programa d'apadrinament.

A la nit sopem a la pizzeria.

#### **10.1.8.- Dilluns, 13 d'abril**

Per tal de ser més eficients durant el dia d'avui, ens dividim en dos grups de treball. D'una banda, el David i el Kelian i, de l'altra, Issaka, Ramiro, Ramon i jo. El nostre grup es dedica a la busca de més tendes on poder comprar material.

#### **10.1.9.- Dimarts, 14 d'abril**

Quedem amb l'Albert Faus i ens ensenya les seves diferents obres a Burkina Faso. Quedem impressionats.

Per la tarda anem a comprar més material (pales, "picos", "rastrillos", etc.)

#### **10.1.10.- Dimecres, 15 d'abril**

Seguint amb les compres de material, avui comprem 3m de tub 65mm de PVC i el tallem en 2 peces de 1,5m. D'altra banda, també hem comprat 5 bigues de fusta de 4,80m i 9 taulons de 4,80m per fer l'altell. Adquirim també 6m de tub de PVC de 110mm de diàmetre, tallat amb 3 parts de 2m. Finalment, comprem tub metàl·lic per fer de regle anivellant (5,80m tallat amb 2 parts).

Per la tarda anem a pagar la gasolina de la "motoanivelladora" que ens restava pendent (36.360F). Ja que hi som, mirem quin és el preu per llogar una formigonera de 400l.



Més tard, anem a buscar el filferro de 4 pues que ja tenim pagat i 32m de plàstic impermeable.

Per acabar amb la tarda, anem a veure com poleixen els taulons i les bigues.

#### **10.1.11.- Dijous, 16 d'abril**

Avui anem a veure el centre mèdic "Village", un dels més pobres de Ouagadougou.

Durant el dia comprem les fustes per fer les cimbres. Els fusters ens demanaven uns preus que consideràvem excessius, ja que ens cobraven la mà d'obra.

Fem un nou plànol del "pisón", ja que el croquis anterior segurament pesava massa.

Demà ens portaran la sorra i la pedra "KAYU" per fer la fonamentació.

Avui anem a sopar amb l'Albert Faus i després anem a fer una copa.

#### **10.1.12.- Divendres, 17 d'abril**

Avui anem a fer algunes de les últimes gestions: anem al serraller a veure la porta i al fuster a veure les cimbres acabades i encomanar-li les estakes (4 estakes de 1m i 32 cunyes).

D'altra banda, ens alegrem en comprovar que ens han portat la sorra i la pedra al TMC.

Més tard anem a buscar la calç i paguem el 30% del seu import, és a dir, 40.500F.

No tot ens ha estat a favor avui, ja que en el nostre intent de visitar el Departament del Consell Nacional de l'Estadística Geotècnia, ens trobem que no hi ha ningú.

Anem a buscar el filferro de 4 pues i de camí descobrim un lloc on lloguen bastides de 2 trams (el lloguer per un mes és de 150.000F).

#### **10.1.13.- Dissabte, 18 d'abril**

Avui en em llevat una mica més tard, ja que avui a la nit agafem l'avió a Ouagadougou per tornar cap a Barcelona.

Durant el dia d'avui hem recollit totes les coses i s'ha pagat tota l'estància d'aquestes 2 setmanes a la Paix.

Hem estat fent tota una valoració del viatge realitzat i la conclusió ha estat satisfactòria ja que hem comprat gairebé tots els materials i eines que necessitaven tot i les problemàtiques que hem tingut durant els dies.

A les 8:00pm ens dirigim tots cap a l'aeroport ja que el vol surt a les 10 de la nit.

Adéu Burkina Faso, adéu Ouagadougou, fins la pròxima!!!!

**10.1.14.- Diumenge, 19 d'abril**

Després d'un llarg viatge i esgotador arribem a l'aeroport de Barcelona. Allí vam ser tots benvinguts per les famílies i contents per tornar a casa sense cap incidència.

Ha estat una experiència fantàstica en ganes de repetir!!!!

## 10.2.- Reportatge fotogràfic

**Taller de Superadobe a la Universitat de Lleida**

**2014 / 2015**

## 1. Excavació del terreny per fer la fonamentació del domo



Amb una retroexcavadora es va fer la rasa pertinent per fer la fonamentació del domo. Es va fer una excavació circular marcant el diàmetre interior, amb una profunditat de 60 cm i una amplada de 50 cm. Tot seguit es va omplir la rasa amb diferents tamanys de grava per fer un bon drenatge a causa de les infiltracions del terreny.

Com podem veure amb les fotos, un cop posats tots els nivells de grava, amb diferents granulometries d'àrid ( de major a menor) amb una última capa de sorra, amb el compàs central es va començar a posar la primera filada de sac continu de polipropilè farcit de superadobe.



## 2. Pujant 3 filades de sac per arribar a cota 0.



Un cop feta la rasa de fonamentació es va anar executant les primeres filades de sacs continus farcits amb la mescla i dosificació adequada del superadobe. Es van pujar tres filades de sac per arribar a la cota del terreny (cota zero). Amb aquestes filades els alumnes del taller es van començar a familiaritzar amb

la tècnica constructiva tant novedosa i interessant. Tal i com es veu a les fotografies es va instal·lar un compàs central amb el radi del domo, amb aquest cas de 1,5 metres. El compàs ens marca la trajectòria que ha de fer el sac per tal que la construcció sigui executada correctament. Un cop posada cada filada de sac, es compactava manualment amb un "pisón". Es van començar a fer els contraforts de l'entrada principal, que són necessaris ja que es debilita molt l'estructura quant es fa un forat amb aquestes dimensions. La distància dels contraforts entre ells són d'1 metre. Com es pot observar, entre filada i filada es posa filferro de 4 pues per fer resistència als moviments horitzontals en casos de sismes.



### 3. Col·locació dels contraforts i el premarc de la porta d'entrada



Quan es va arribar a la cota del terreny, es va començar a posar la primera filada de sac just al costat del mur, amb la funció de contrafort. És obligatori col·locar un contrafort perimetral fins a una certa alçada, ja que el domo treballa com un arc de descàrrega, és a dir, hi ha una empenta horitzontal. Si no es poses es podria enderrocar la construcció. Tot seguit es va instal·lar el premarc de la porta amb una amplada de 0,90 metres i una alçada de 2,10 metres. Es van utilitzar puntals metàl·lics per subjectar el premarc, conjuntament amb altres eines imprescindibles (nivell, fustes,...



#### **4. Col·locació del plàstic impermeabilitzant a tot el perímetre del domo**



Com es pot observar a les fotografies, es va col·locar un plàstic impermeabilitzant solapat entre el mur i el contrafort. S'assegura que no ha hagi infiltració o entrades d'aigua a l'interior de l'habitatge amb casos de pluja. Es va mesurar tot el perímetre i l'amplada del mur amb el contrafort per fer el predimensionament correcte.

El plàstic arribar des de l'interior de la vivenda fins als contraforts de l'entrada de la porta. Es poden posar altres materials amb la funció de impermeabilitzar l'habitatge, al taller de bioconstrucció es va fer servir tot allò que es tenia a l'abast o inclús reciclat.



### **5. Pujant filades de mur i contrafort. Pas d'instal·lacions**



Es va pujar el mur conjuntament amb el contrafort a una alçada aproximadament d'1 metre. Al costat de la porta d'entrada es va col·locar un tub de PVC, amb previsió per fer el pas de la instal·lació de la llum de l'habitatge.

Tot seguit es va començar a elaborar amb blocs ceràmics, una obertura per fer una finestra. La finestra que s'està executant, és petita ja que està orientada a Oest, façana molt calorosa a l'estiu a la ciutat de Lleida. Com es pot observa, la finestra és quadrada, donant lloc a una ventilació creuada a l'interior de l'habitatge.

Els punts on acaba la filada de sac, s'ha de calcular bé l'emplenat del sac i fer un bon doblatge i una bona compactació.



## 6. Col·locació de les cimbres a les finestres



Es van construir dues cimbres de fusta de diferent tamany amb forma d'arc ogival, per fer les finestres del domo. La cimbra més gran es va col·locar a la façana Est i la cimbra més petita es va col·locar a la façana Oest, donant lloc a una ventilació creuada a l'interior.

Aquí s'estan posant les primeres filades de sac al damunt dels arcs, punts conflictius per fer una bona i correcta execució. Els de Domoterra explicaven pas a pas el que s'havia de fer, mantenint sempre una seguretat davant als possibles riscos.

La primera filada de sac per sobre de l'arc, es va posar completament a l'exterior, donant lloc a una "cella" (voladís) per a la protecció dels raigs solars.

## **7. Execució de les finestres amb forma d'arc ogival**



Tal i com observem a les fotografies, l'execució de les finestres amb forma d'arc ogival, no deixa de ser un dels punts més conflictius i interessants d'aquesta tècnica constructiva. S'ha de conèixer molt bé la tècnica per fer una bona execució, ja que és un punt singular de la construcció. Es va posar dues tires de filferro per tal de que quedés solapat i travat amb el mur.

Es van col·locar tres filades de sacs desplaçats un de l'altre, donant lloc a la "cella" amb funció de voladís per protegir del sol.

A l'interior del domo es va instal·lar una bastida d'un tram per treballar amb seguretat i comoditat amb altures.

Al costat de la porta es pot veure el compàs d'altura, que és l'encarregat de marcar l'arc del domo.



## 8. Col·locació de la llinda de fusta



Finalment, es va optar per col·locar dues llindes de fusta a la porta d'entrada, donant rigidesa al forat de pas. Es van col·locar dues llindes ja que l'ample del sac després de ser compactat és de 32 cm amb aquest cas.

Es va posar un tauló de fusta recolzat als contraforts de la porta per tal de treballar còmodament i amb seguretat.

## **9. Tancant la cúpula i elaboració d'un arc nuvi a la porta d'entrada**



Moment satisfactori per als alumnes del taller, ja que aquells dies es va coronar definitivament el domo. Finalment es va tancar la cúpula i es va construir un arc “nuvi” a la porta d’entrada amb una doble funció:

- Estètica.
- Protecció a les pluges i massa tèrmica.

Es va tenir molta cura amb aquests acabats ja que es treballava des de molta altura i s’havia de vigilar amb la seguretat del treballador.

La compactació de l’arc “nuvi” va ser complicat per als alumnes ja que s’havia de compactar el sac amb inclinació.

El resultat final de l’estructura va ser excel·lent i va crear molta intriga a la gent que hi voltava pel costat.

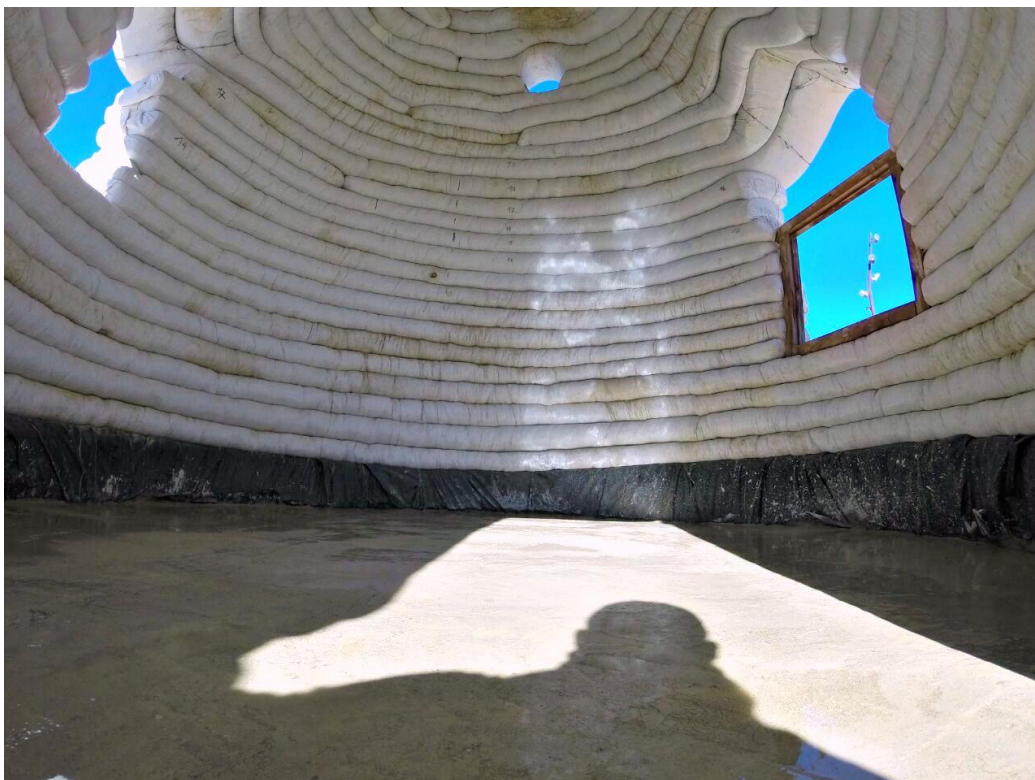


## 10. Solera de morter de calç



Els alumnes del taller van realitzar una solera de morter de calç a l'interior del domo. Més endavant es posarà un paviment, que donarà lloc a l'acabat final.

Es va treballar amb la llana per donar-li un acabat polit i pla. Els alumnes van quedar satisfets amb tots els treballs realitzats, ja que és va fer una molt bona feina amb totes les partides.





## 11. Revestiment exterior del Domo (3 capes de regularització)

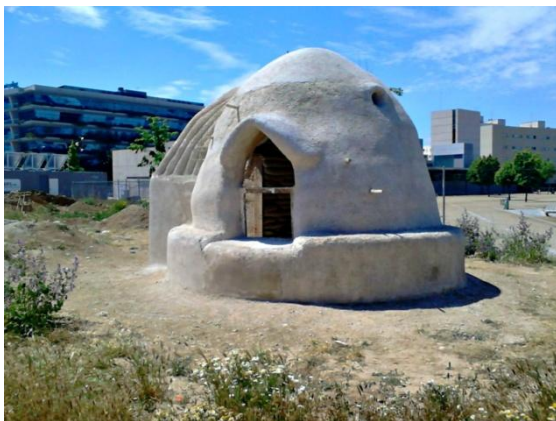


Primerament, es va treure el sac de polipropilè de l'exterior del domo amb un bufador de butà, per tenir una bona adherència amb el revestiment.

Es van col·locar 3 capes de superadobe amb més quantitat de calç. S'hi va afegir palla i més quantitat d'aigua. Aquestes capes de regularització es van posar treballant amb les mans. Aquest material de revestiment, és el que coneixem de tota la vida com a fang, però amb aquest cas està estabilitzat amb calç.



## 12. Revestiment exterior del Domo (acabat final)



Finalment, després de les tres capes de regularització es van posar tres capes més:

- 1 capa de morter de calç amb una granulometria d'àrid 6-8 mm.
- 2 capes de morter de calç amb una granulometria d'àrid 1-3 mm.

## 11.- BIBLIOGRAFIA

<http://fr.climate-data.org/location/512/>

<http://tectonicablog.com/?p=53049>

Tratado de construcción. Lo que debe saber el proyectista. E.RODÓN. Editorial reverté

Manual del Arquitecto Descalzo

Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. (F. Javier Neila González)

ECOURBANISMO (Miguel Ruano)

Apuntes de Bioconstrucción. D. Francisco Alonso Alonso

Narciso Sánchez Sánchez. Geometría de los arcos

Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Gernot Minke

Manual de construcción Earth-Bag

[www.domoterra.es](http://www.domoterra.es)

Quadern de construcció. Domoterra Superadobe.

Fundació Lleida Solidària

Análisis del arco de fábrica

Guia de Arquitectura Bioclimática. Construir en países cálidos. Jimena Ugarte

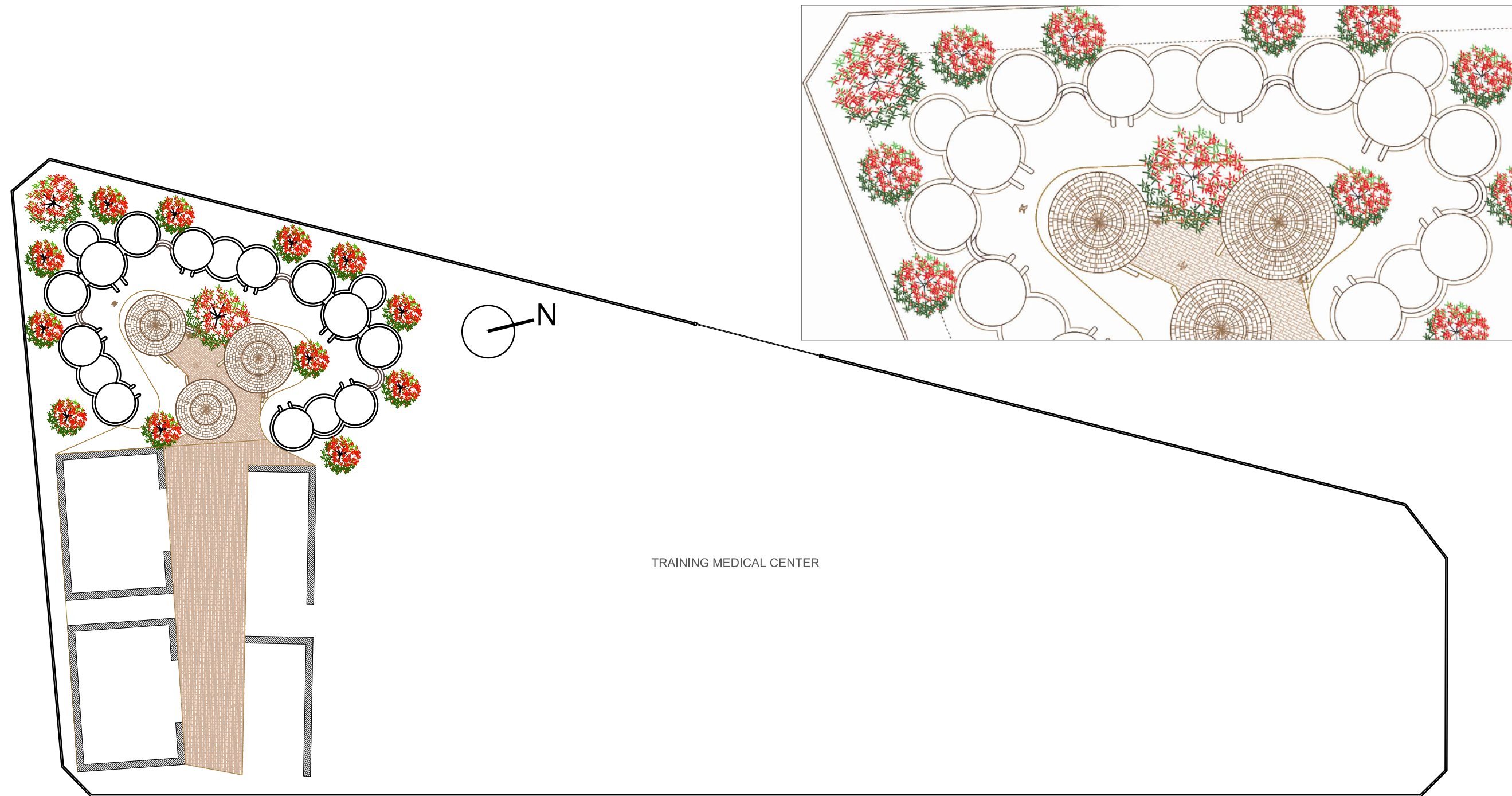
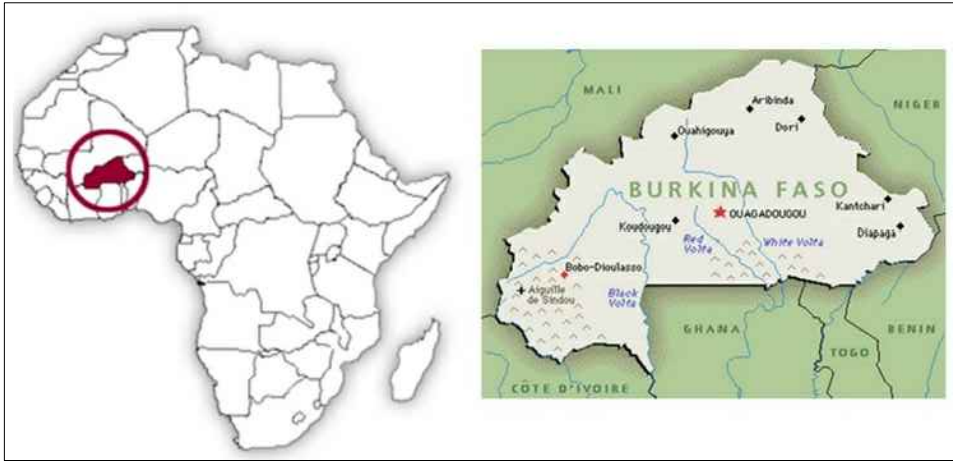
Anàlisi d'un arc de fàbrica. Antoni Blázquez

## 12.- PLÀNOLS

### 12.1.- Plànols del procés constructiu

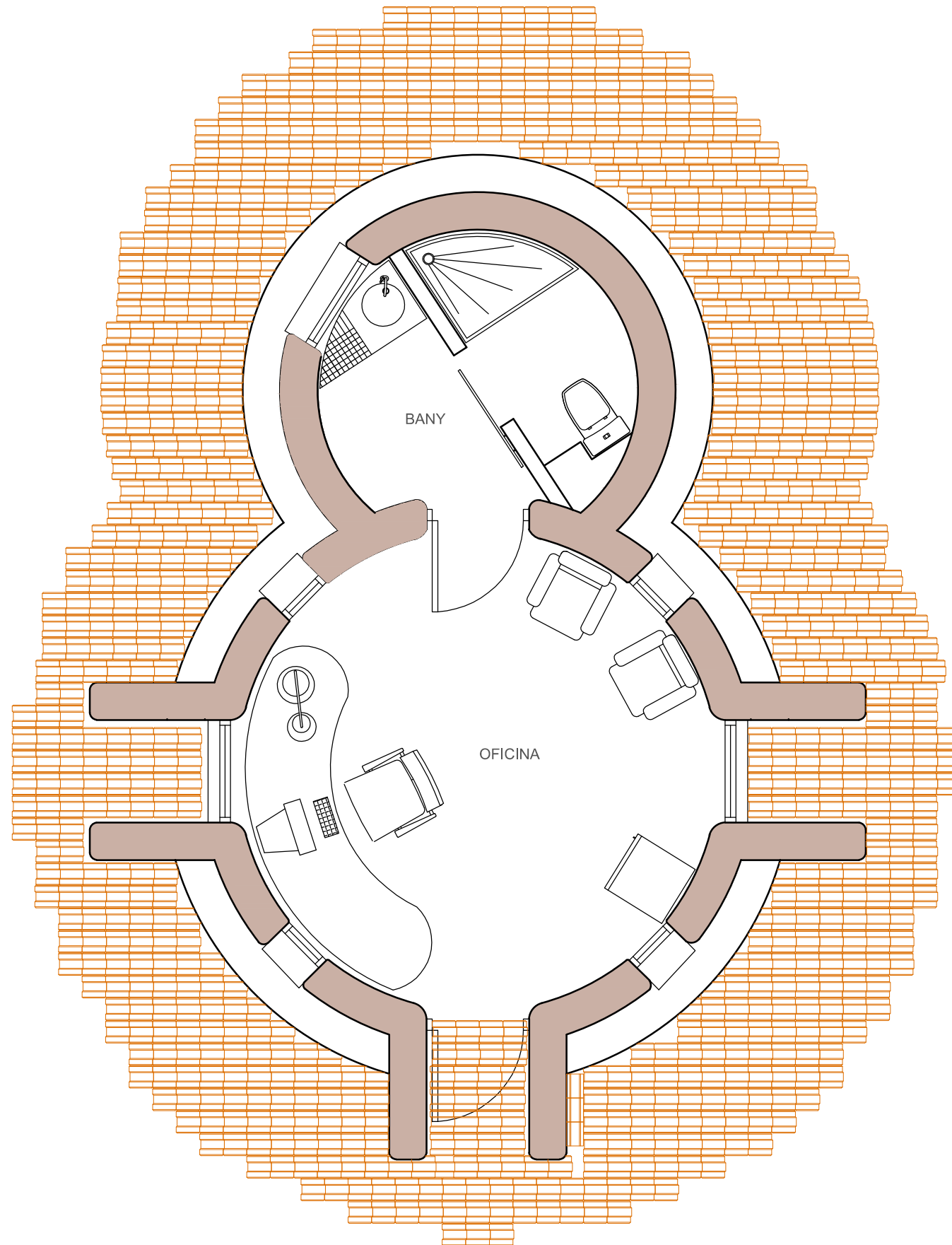
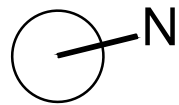
- 1- Situació i emplaçament
- 2- Planta distribució, 1<sup>a</sup> fase de construcció
- 3- Planta distribució, 1<sup>a</sup> ampliació
- 4- Planta distribució, 2<sup>a</sup> ampliació
- 5- Secció transversal
- 6- Secció longitudinal
- 7- Alçat sud (vista lateral, sense arrebossar)
- 8- Alçat sud (vista lateral)
- 9- Alçat est (vista frontal)
- 10- Alçat oest (vista posterior)
- 11- Cotes (planta distribució, 1<sup>a</sup> fase de construcció)
- 12- Cotes (alçat sud)
- 13- Cotes (alçat est)
- 14- Cotes (alçat oest)
- 15- Replanteig
- 16- Col·locació de compassos
- 17- Fonamentació
- 18- Solera
- 19- Col·locació del filferro (1)
- 20- Col·locació del filferro (2)
- 21- Nombre de filades del dom de 4,5 m de diàmetre interior
- 22- Nombre de filades del dom de 3 m de diàmetre interior
- 23- Doble coberta de fusta
- 24- Cimbres per a les finestres i la porta d'entrada
- 25- Finestres rodones
- 26- Electricitat i aigua





PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT		PLÀNOL:  01
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/500	DATA: SETEMBRE 2015	





	SUP. ÚTIL	SUP. CONSTRUÏDA
BANY	6,40 m²	_____
OFICINA	15,90 m²	_____
TOTAL	22,30 m²	38,50 m²

PROJECTE:  
EXECUTIU

AUTOR:  
Eduard Zafra Bosch

TITULACIÓ:  
Grau en Arquitectura Tècnica

HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER



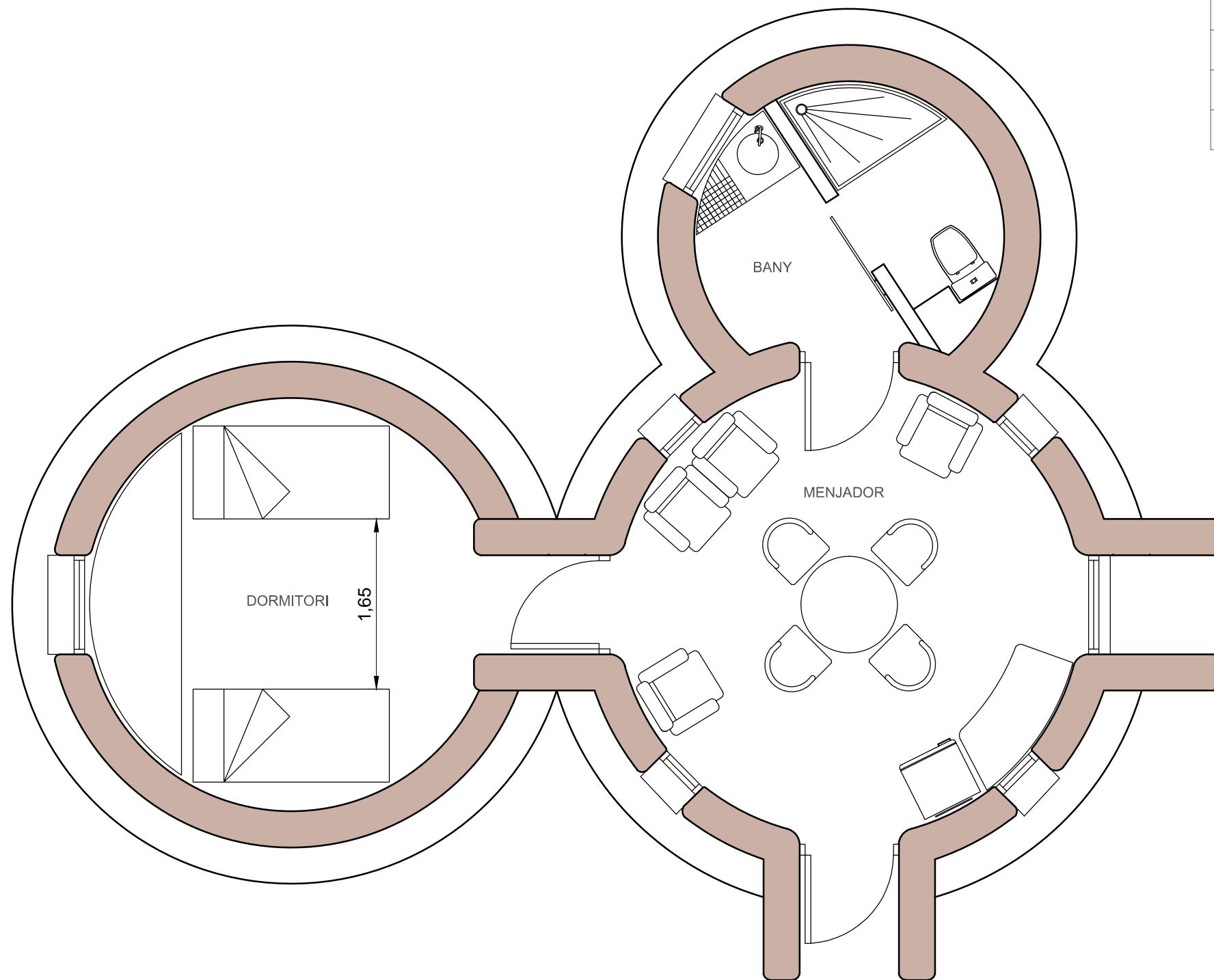
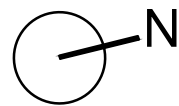
PLANTA DISTRIBUCIÓ, 1ª FASE DE CONSTRUCCIÓ

ESCALA: A3- e:1/50

DATA: SETEMBRE 2015

PLÀNOL:

02



	SUP. ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
BANY	6,40 m²	_____
MENJADOR	15,90 m²	_____
DORMITORI	12,60 m²	_____
TOTAL	34,90 m²	61,10 m²

PROJECTE:  
EXECUTIU

AUTOR:  
Eduard Zafra Bosch

TITULACIÓ:  
Grau en Arquitectura Tècnica

PLANTA DISTRIBUCIÓ, 1ª AMPLIACIÓ

PLÀNOL:

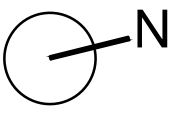
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER



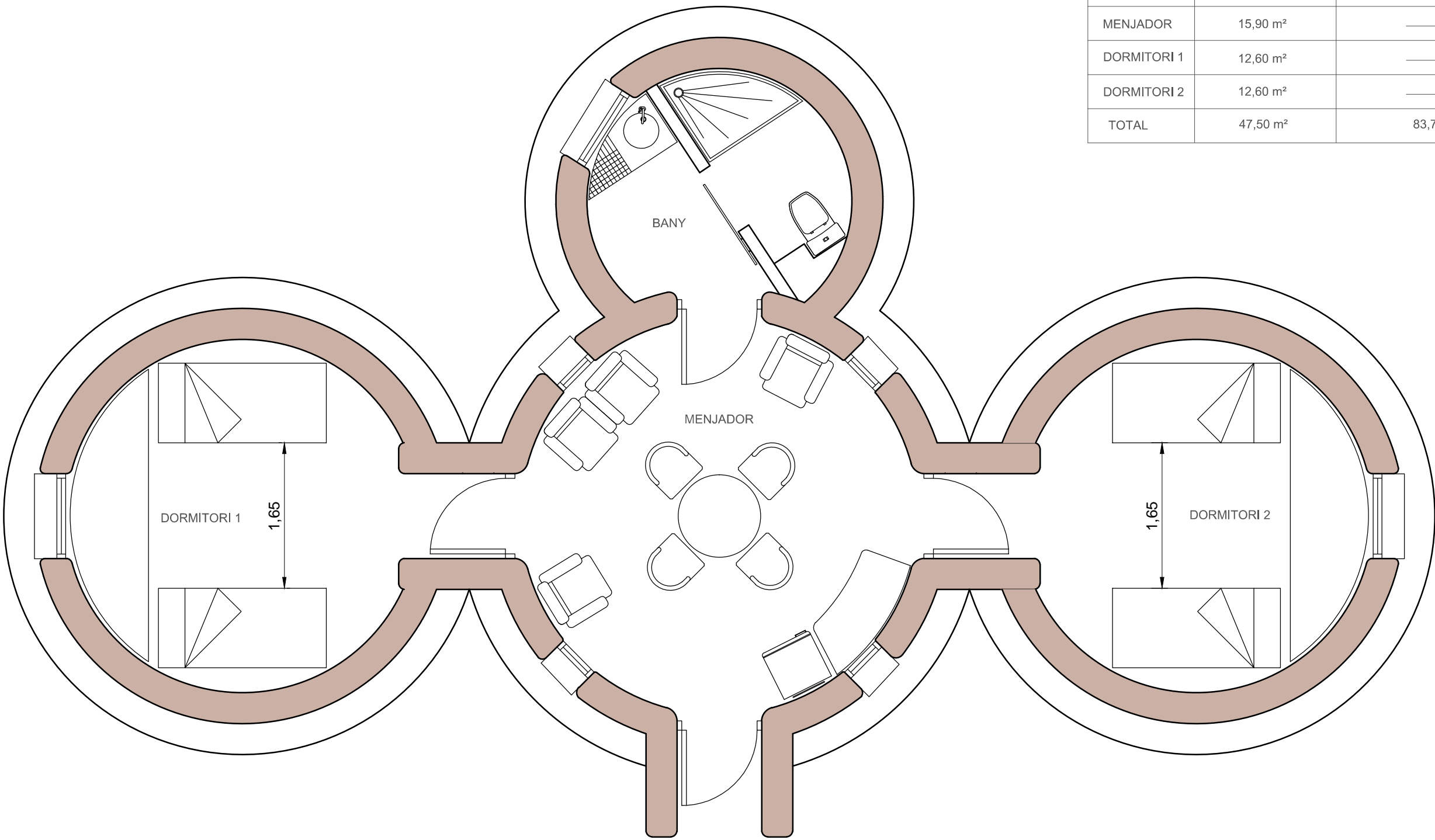
ESCALA: A3- e:1/50

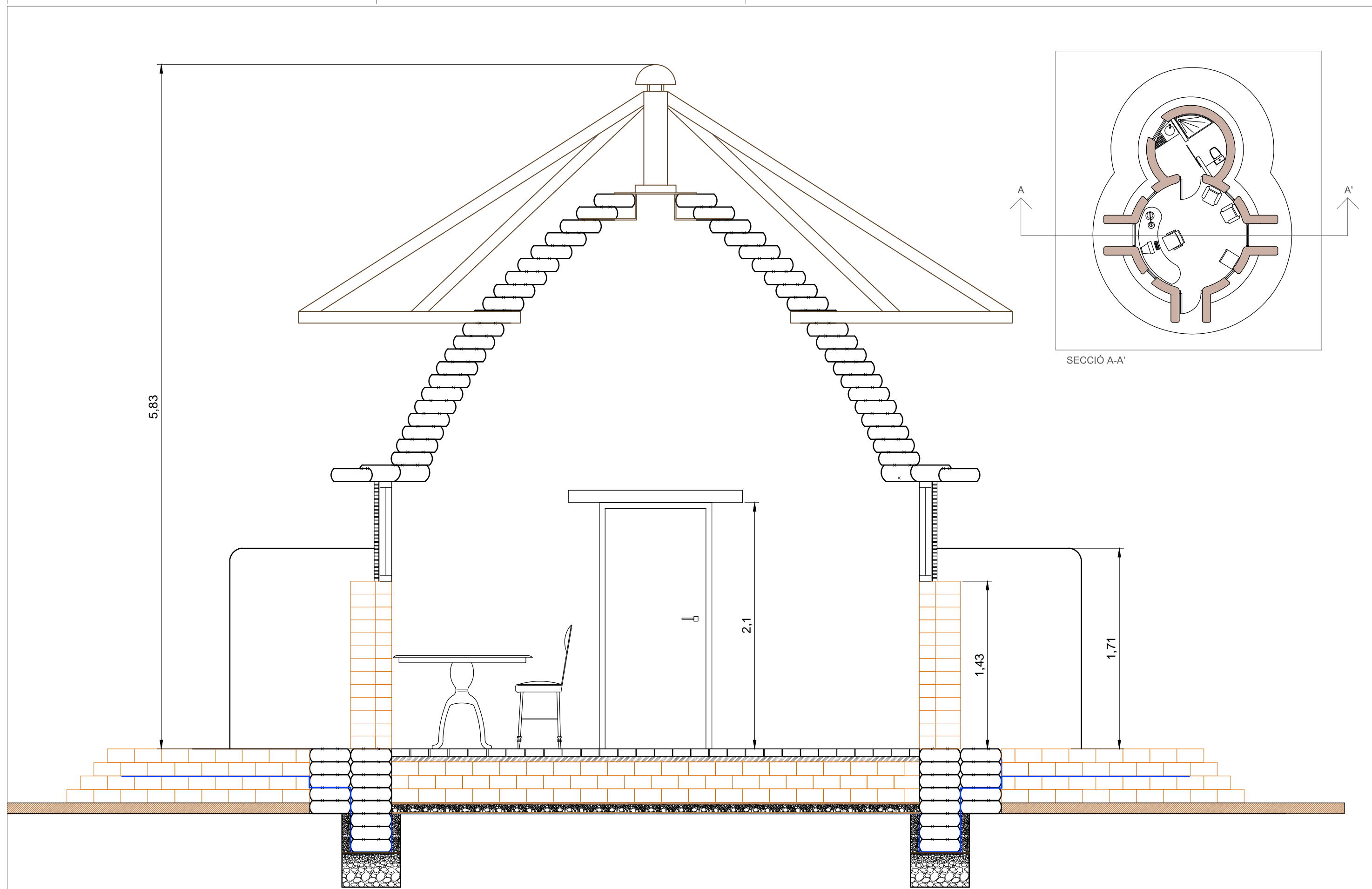
DATA: SETEMBRE 2015


03

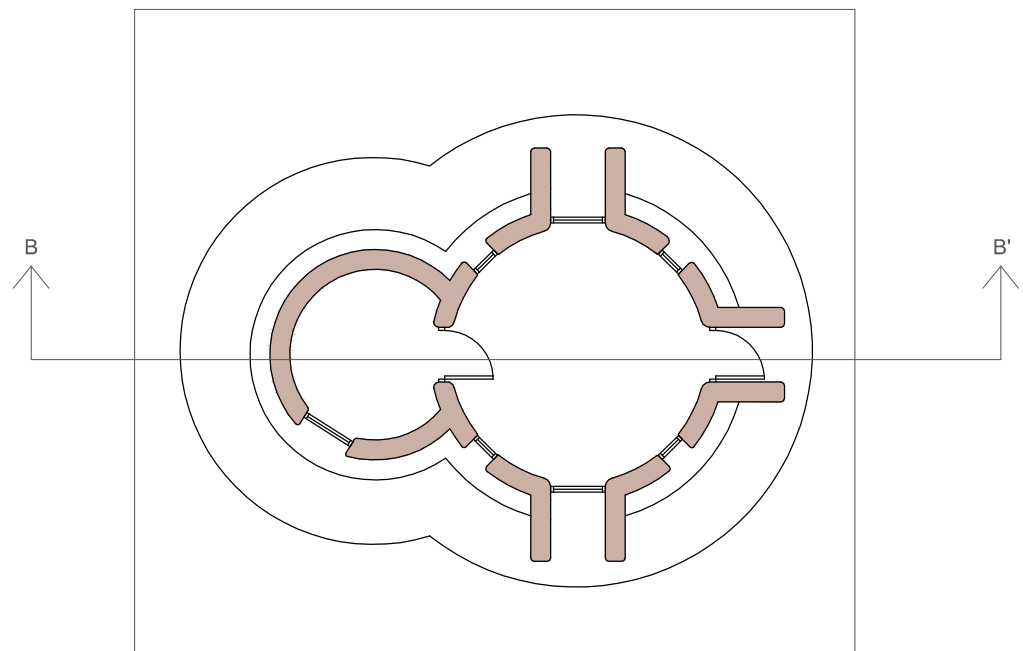


	SUP. ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
BANY	6,40 m²	_____
MENJADOR	15,90 m²	_____
DORMITORI 1	12,60 m²	_____
DORMITORI 2	12,60 m²	_____
TOTAL	47,50 m²	83,70 m²

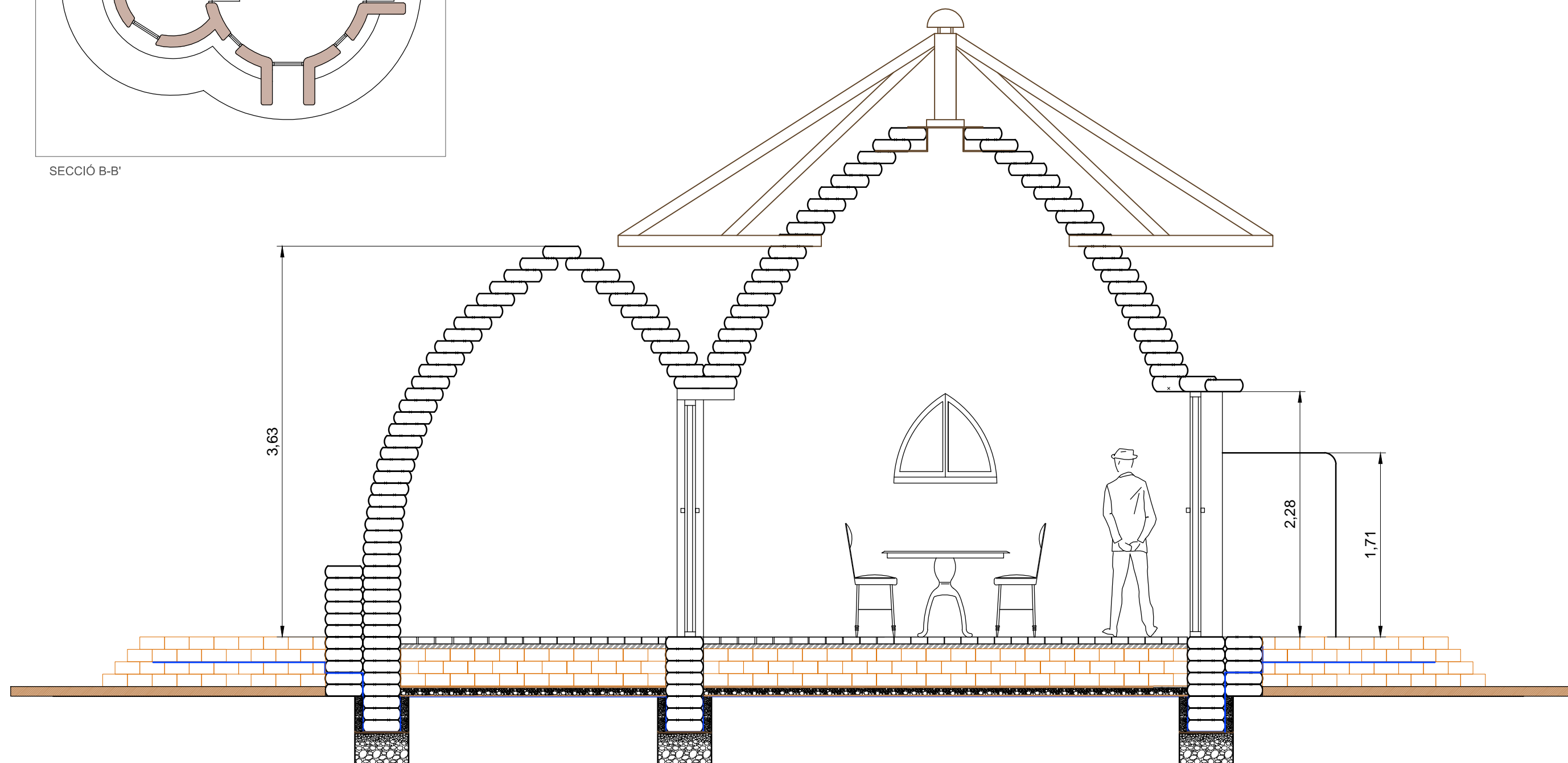




PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	SECCIÓ TRANSVERSAL (A-A')		PLÀNOL:  05
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/30	DATA: SETEMBRE 2015	



SECCIÓ B-B'



PROJECTE:  
EXECUTIU

AUTOR:  
Eduard Zafra Bosch

TITULACIÓ:  
Grau en Arquitectura Tècnica

HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER



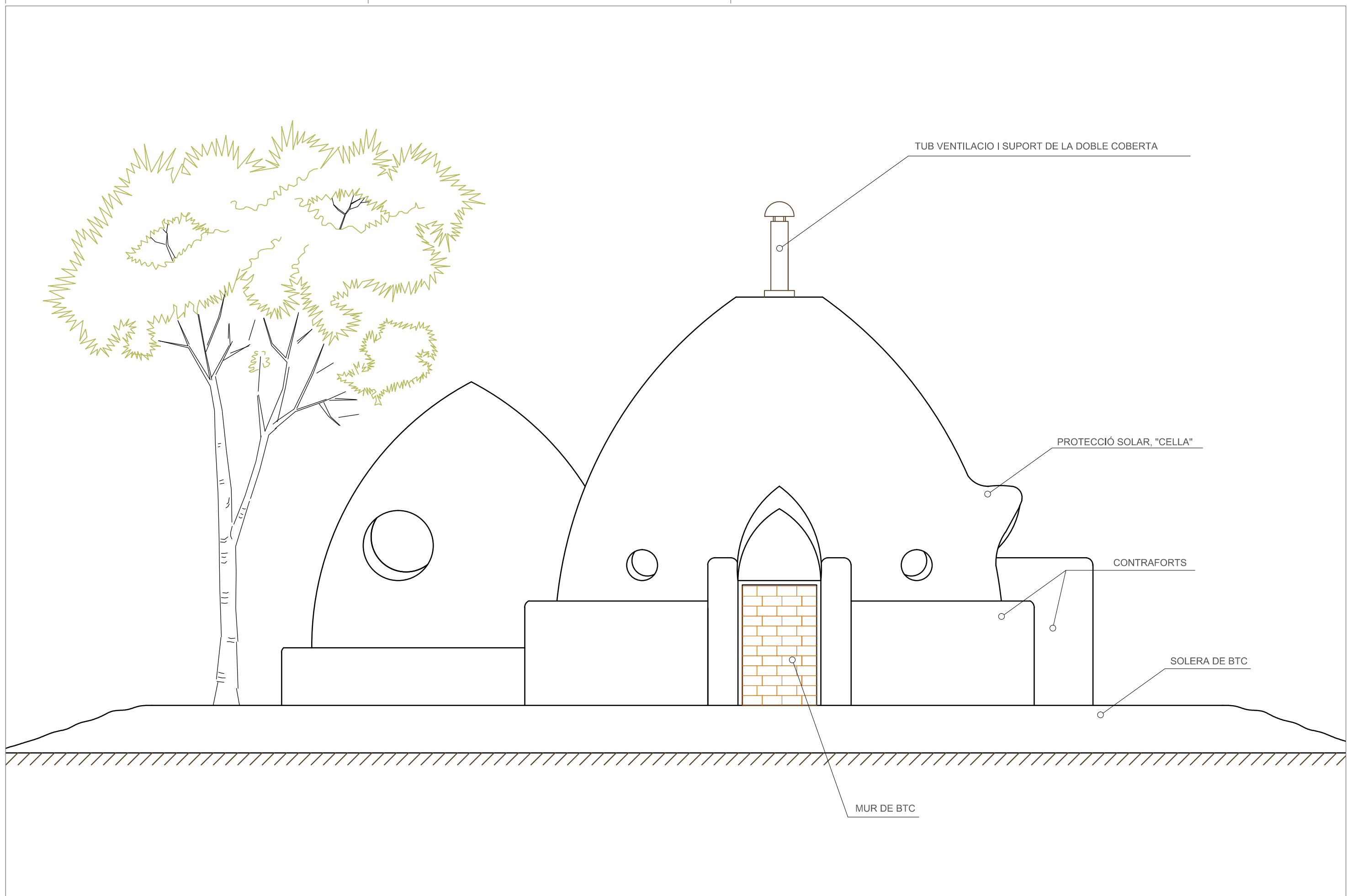
SECCIÓ LONGITUDINAL (B-B')


ESCALA: A3- e:1/40

DATA: SETEMBRE 2015

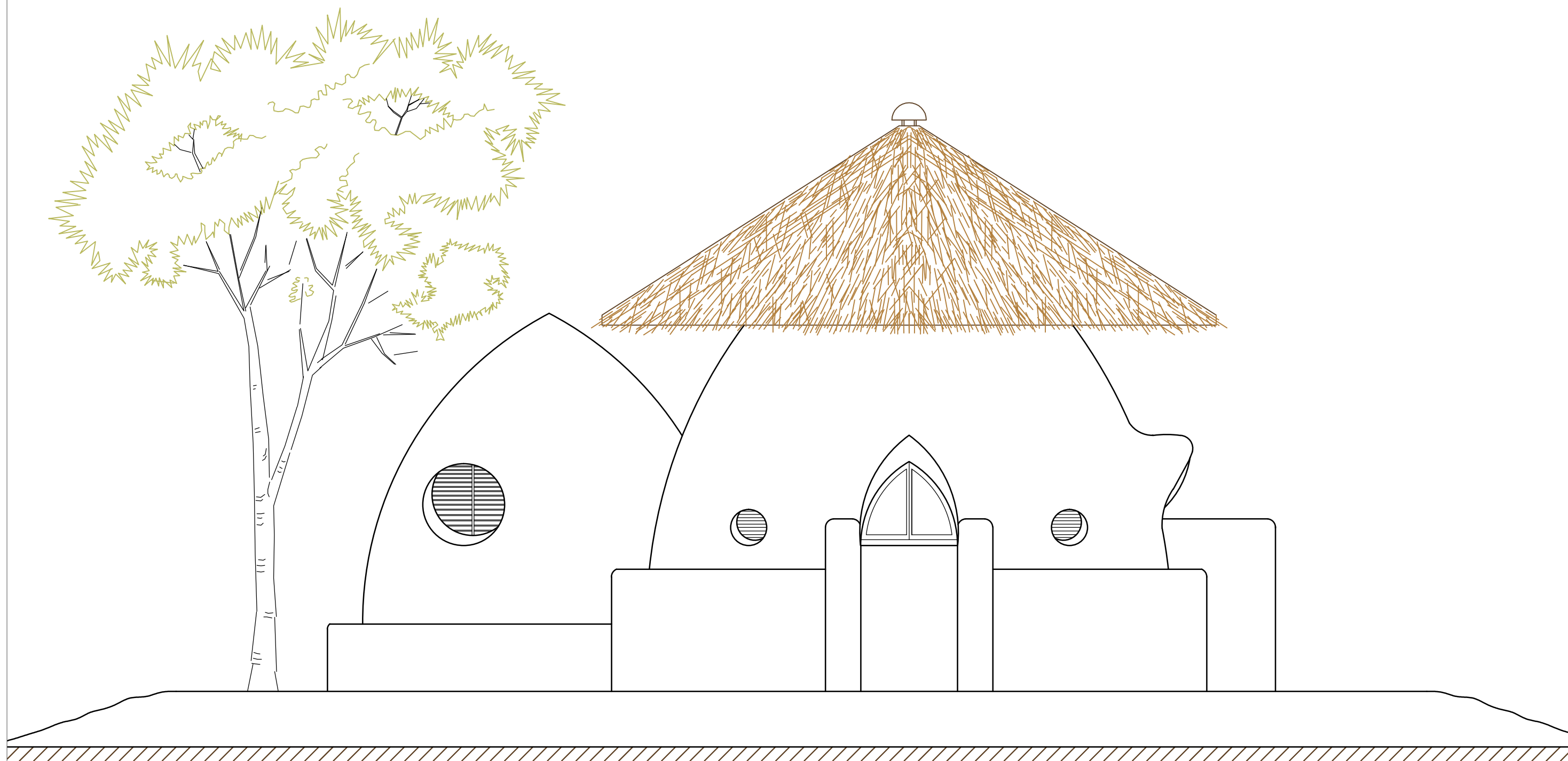
PLÀNOL:


06




PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	ALÇAT SUD ( VISTA LATERAL, SENSE ARREBOSSAR)		PLÀNOL:  07
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/40	DATA: SETEMBRE 2015	

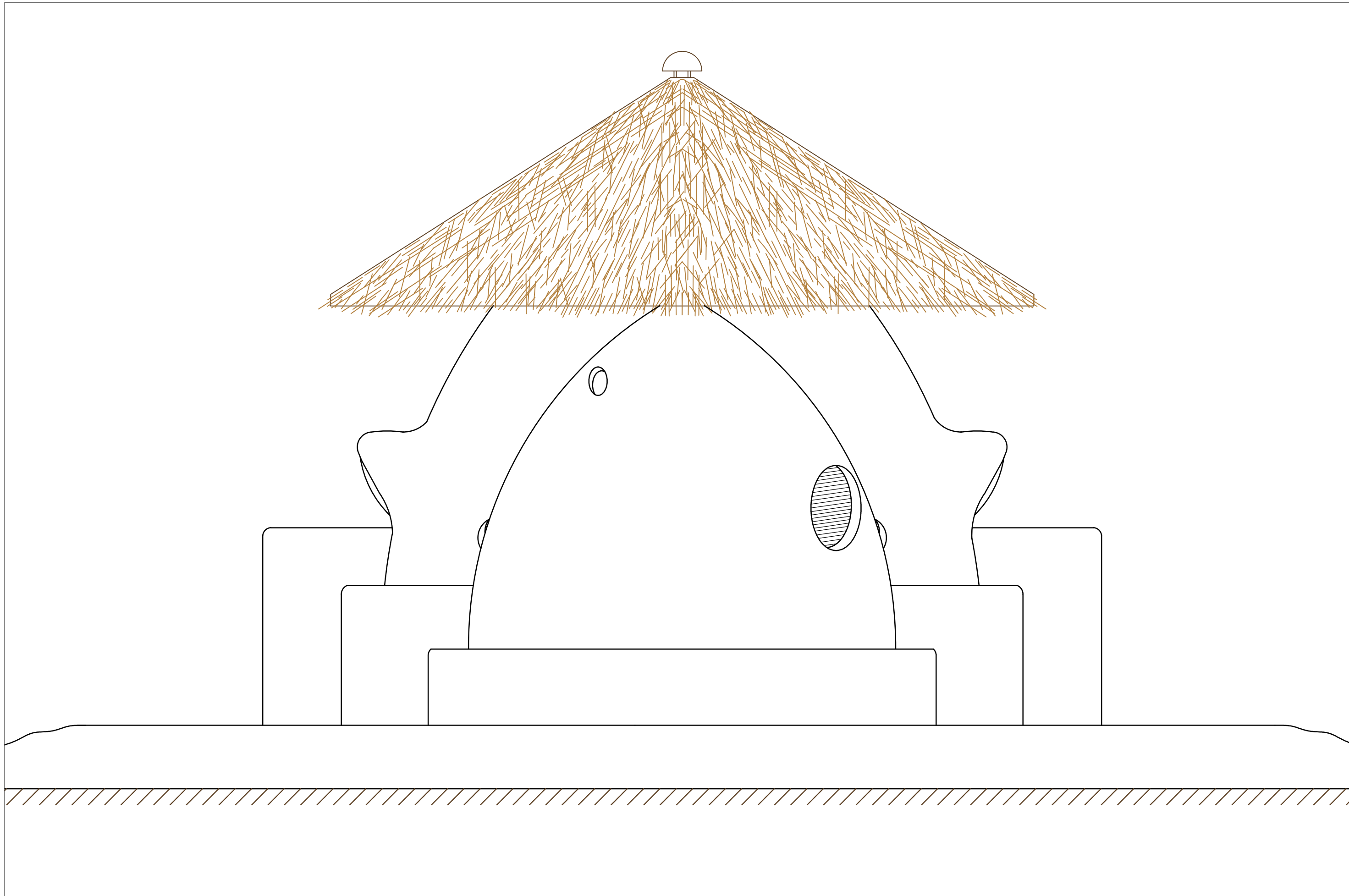





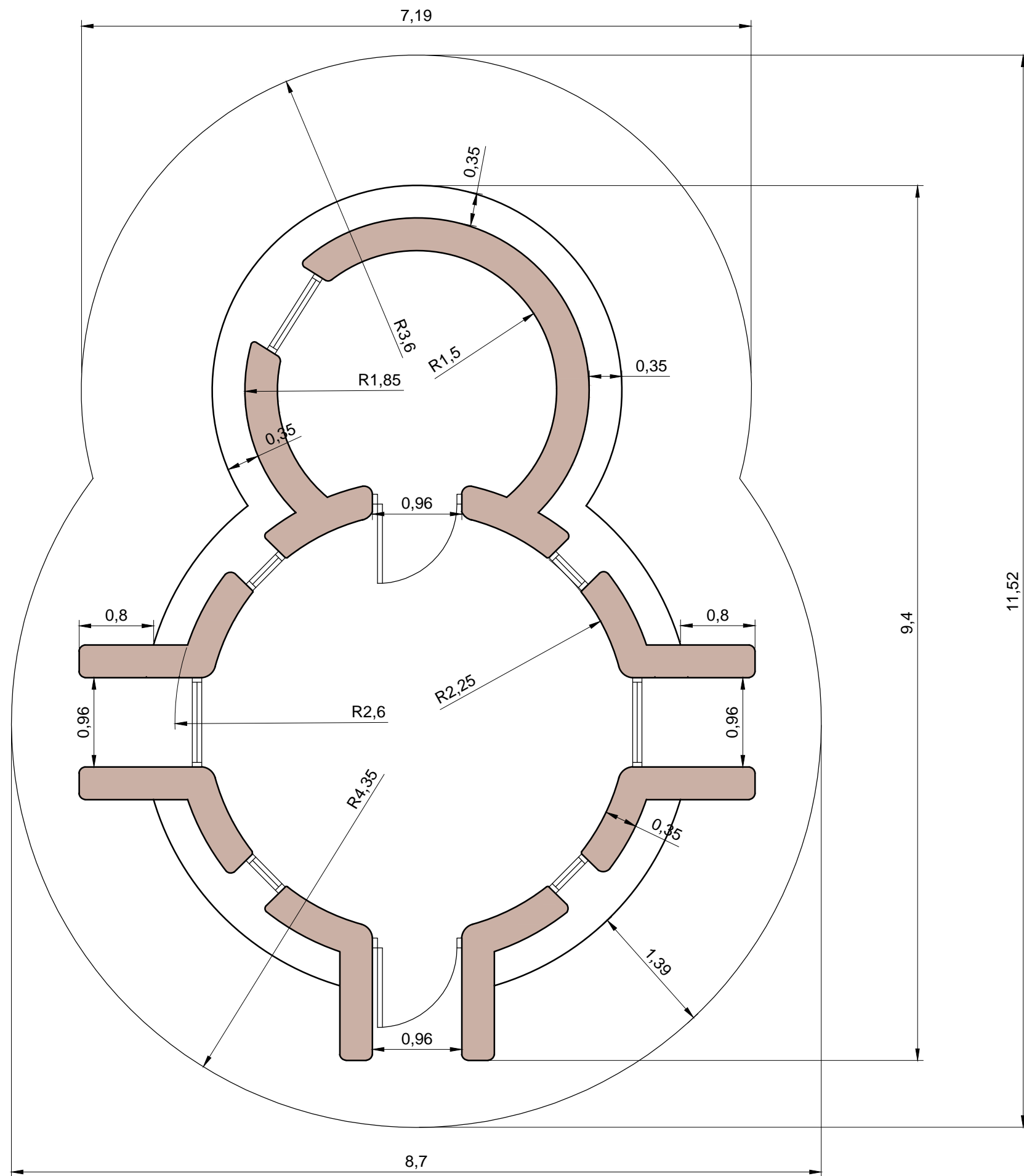
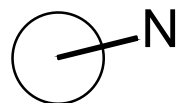
PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	ALÇAT SUD ( VISTA LATERAL)		PLÀNOL:  08
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/40	DATA: SETEMBRE 2015	



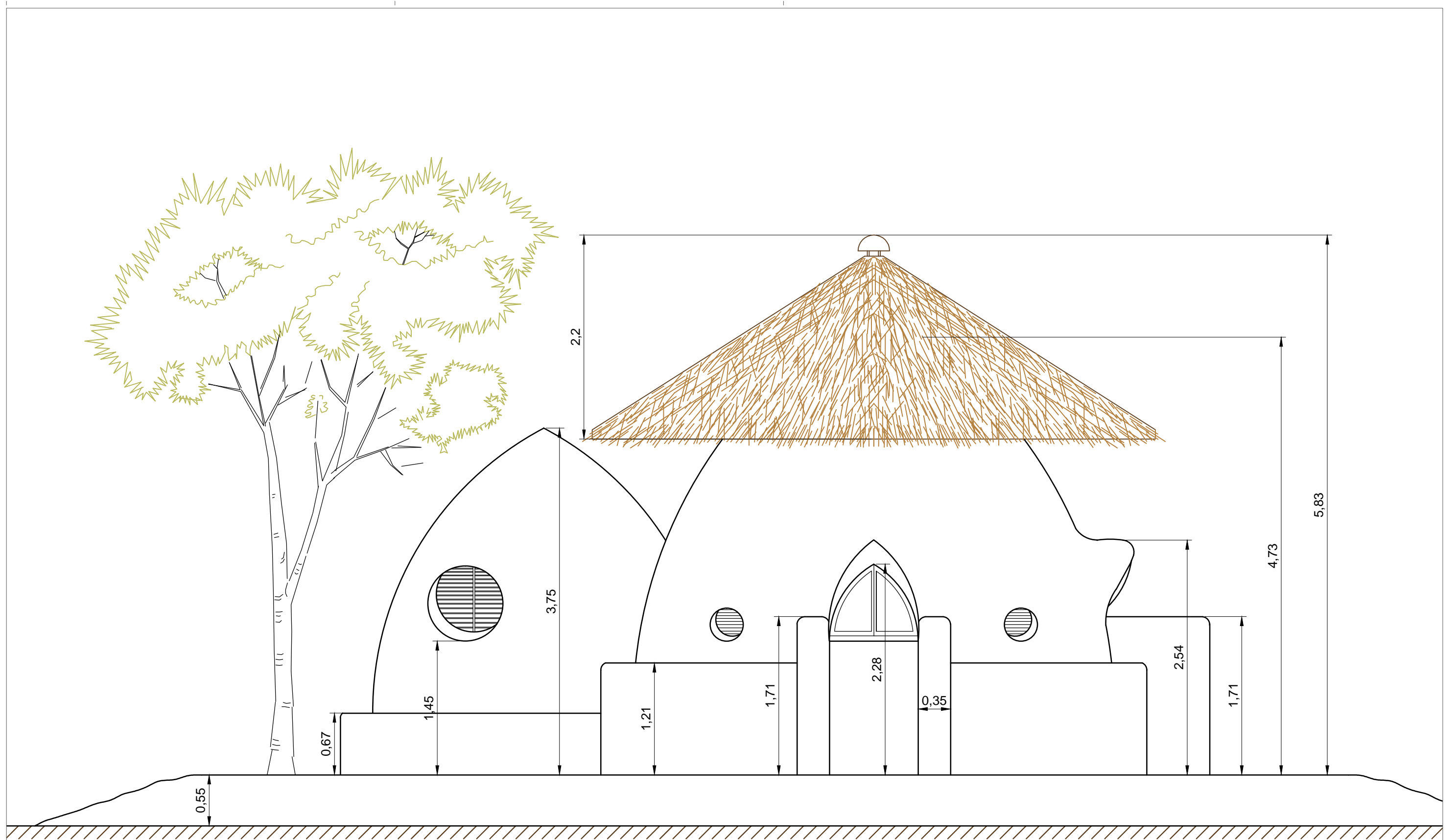
PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	ALÇAT EST ( VISTA FRONTAL)		PLÀNOL:  09
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/30	DATA: SETEMBRE 2015	




PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	ALÇAT OEST ( VISTA POSTERIOR)		PLÀNOL:  10
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/30	DATA: SETEMBRE 2015	

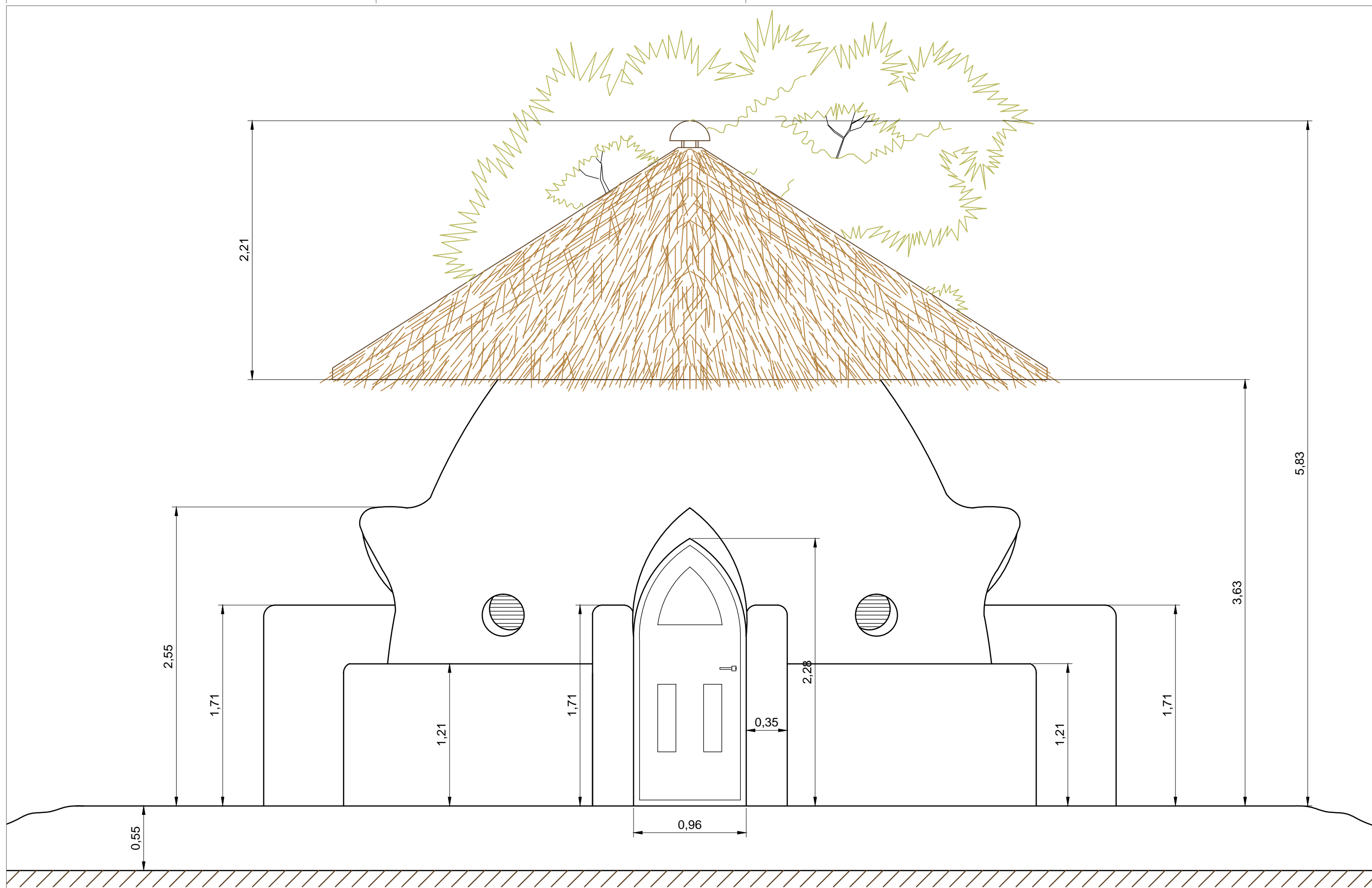



PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	COTES ( PLANTA DISTRIBUCIÓ, 1ª FASE DE CONSTRUCCIÓ)		PLÀNOL:  11
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e: 1/50	DATA: SETEMBRE 2015	



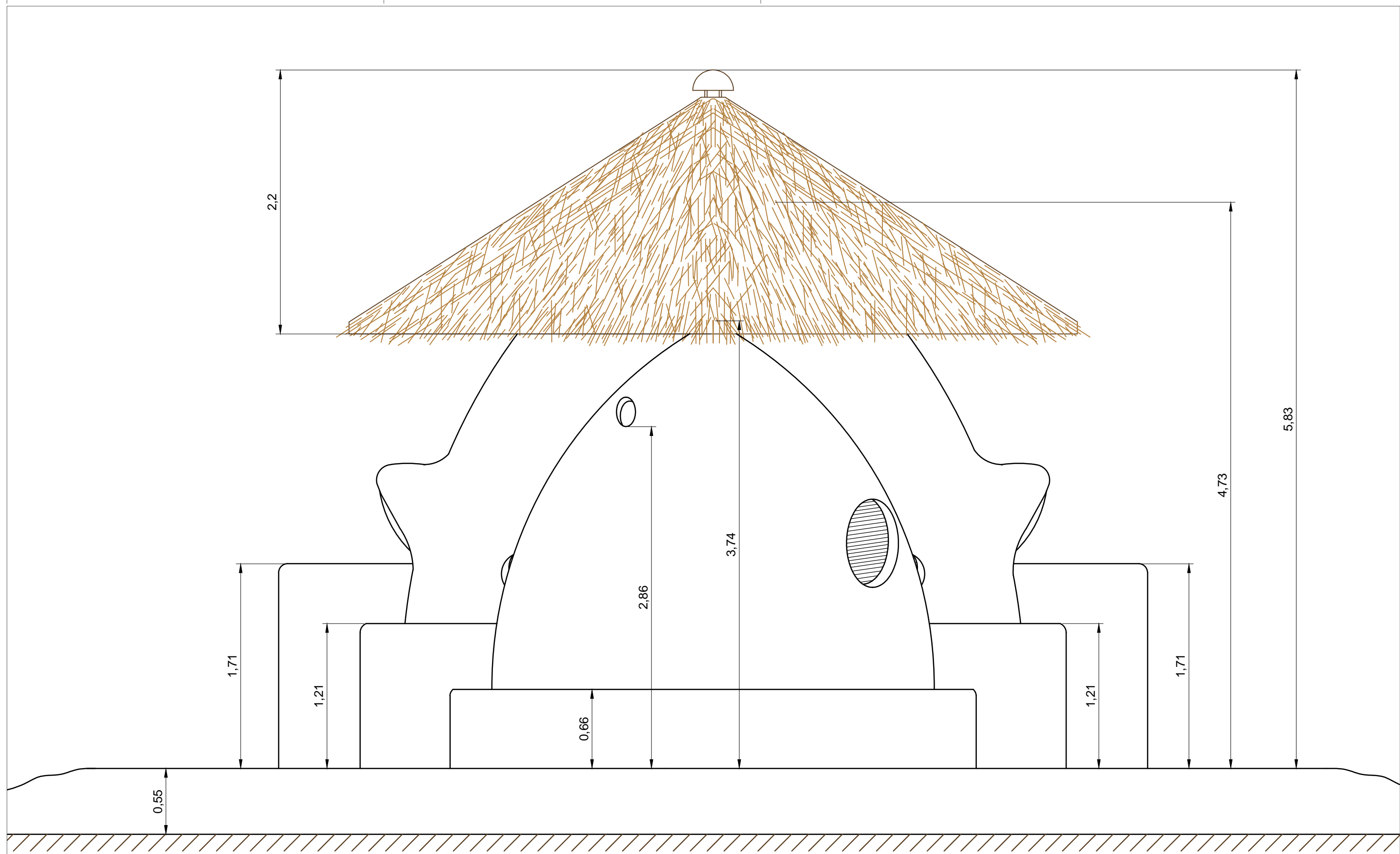
PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	COTES ( ALÇAT SUD, VISTA LATERAL)		PLÀNOL:  12
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/40	DATA: SETEMBRE 2015	




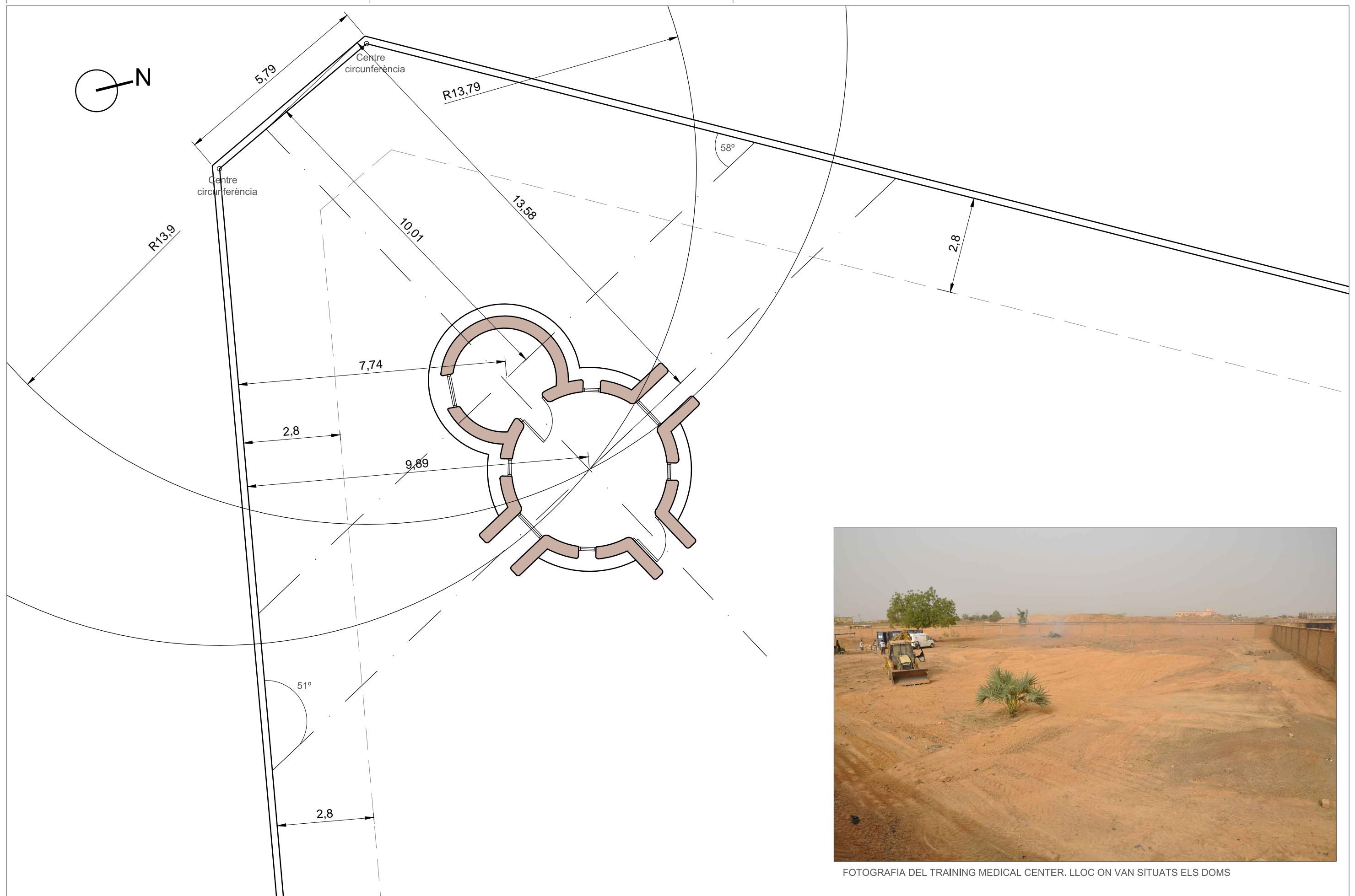


PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	COTES ( ALÇAT EST, VISTA FRONTAL)		PLÀNOL:  13
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/30	DATA: SETEMBRE 2015	




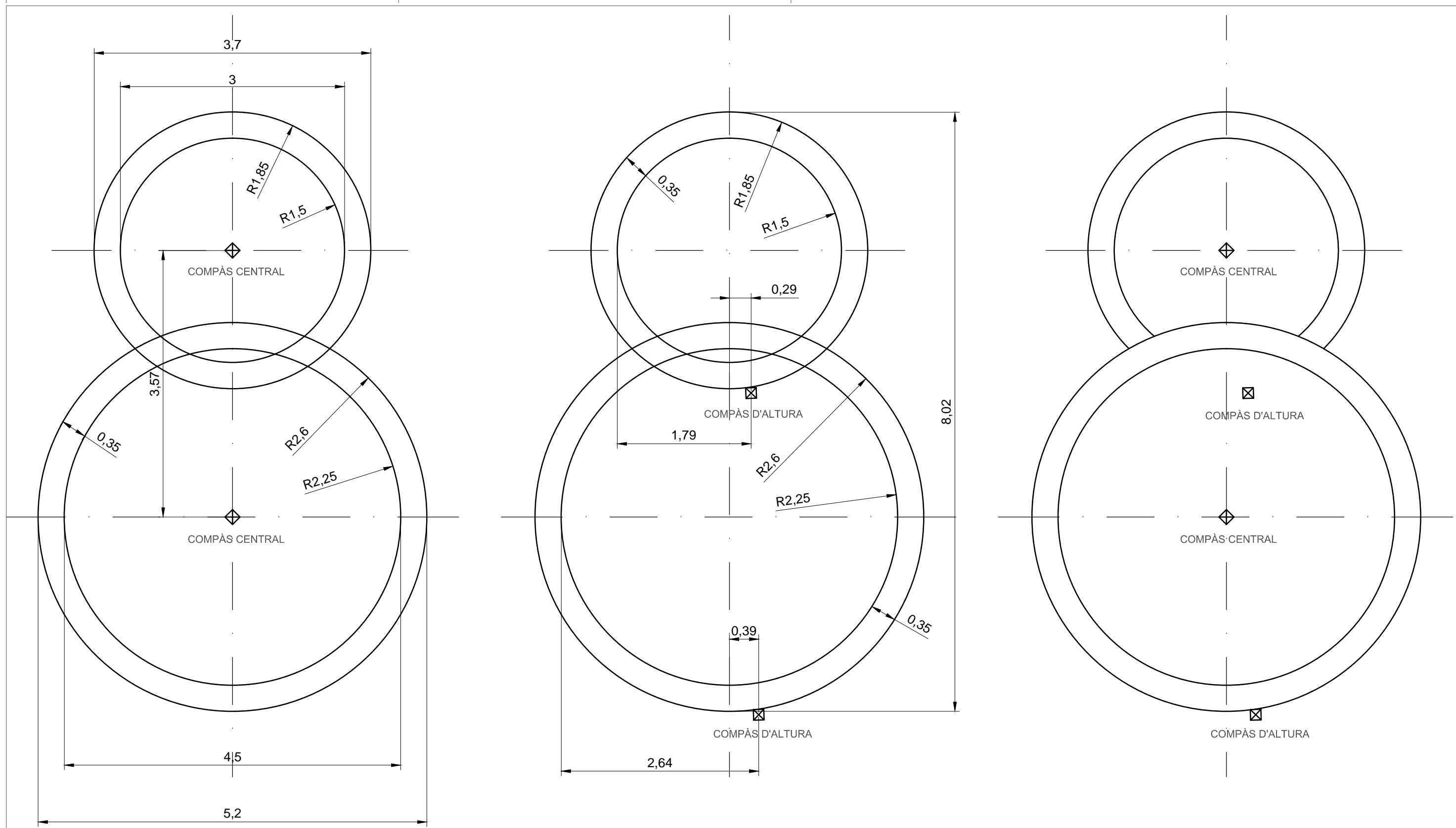


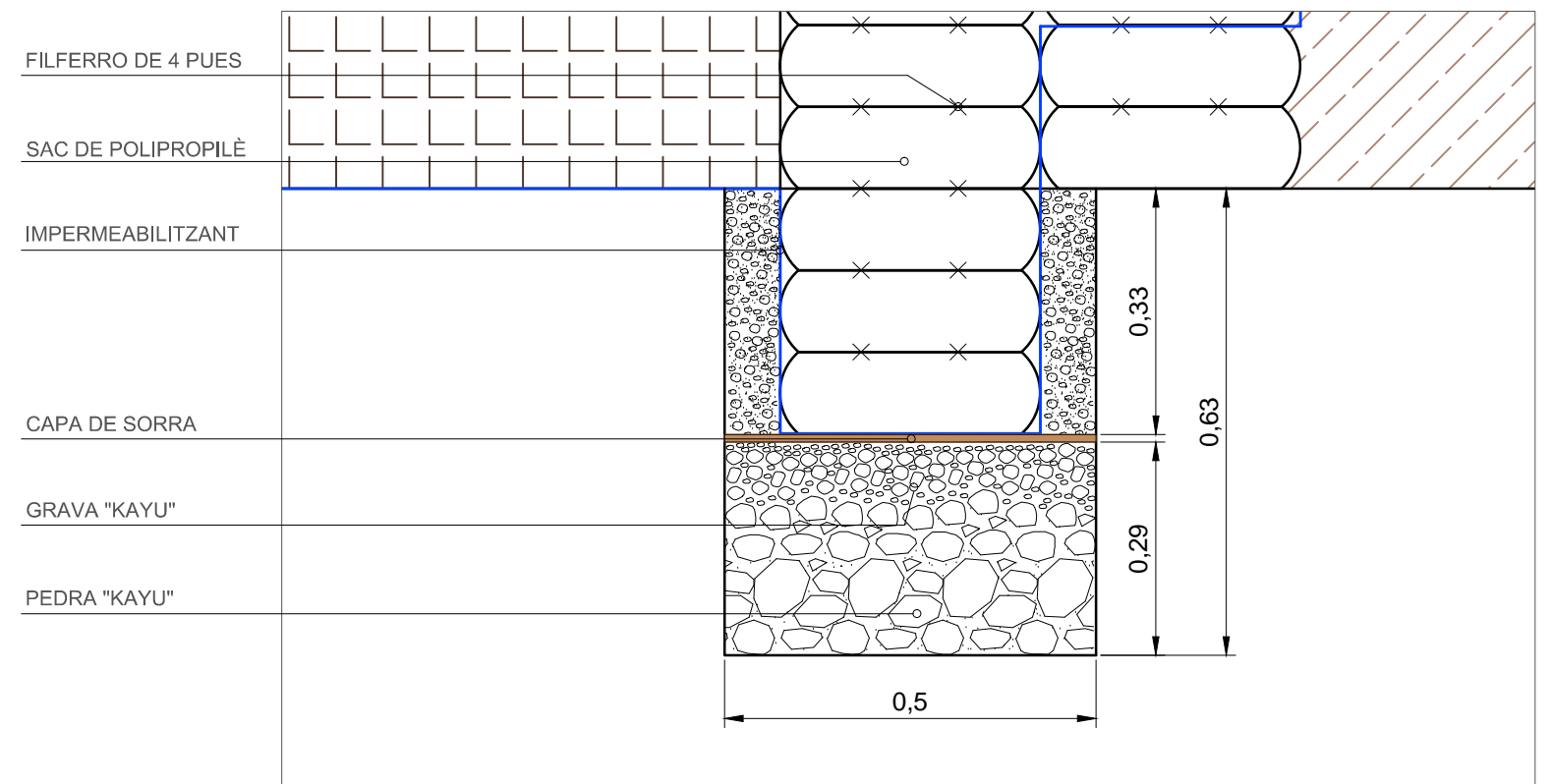
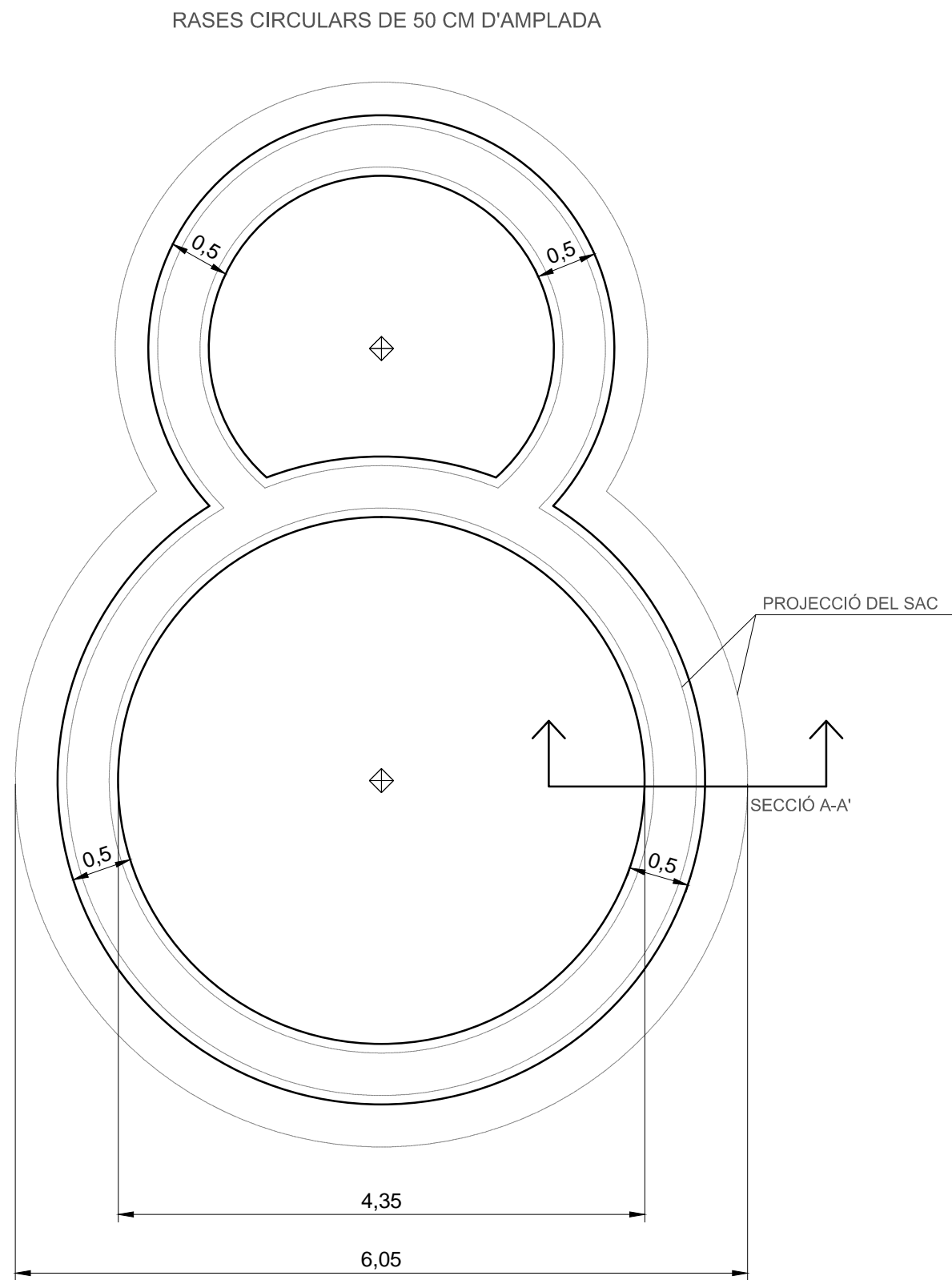
PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	COTES ( ALÇAT OEST,VISTA POSTERIOR)		PLÀNOL:  14
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/30	DATA: SETEMBRE 2015	



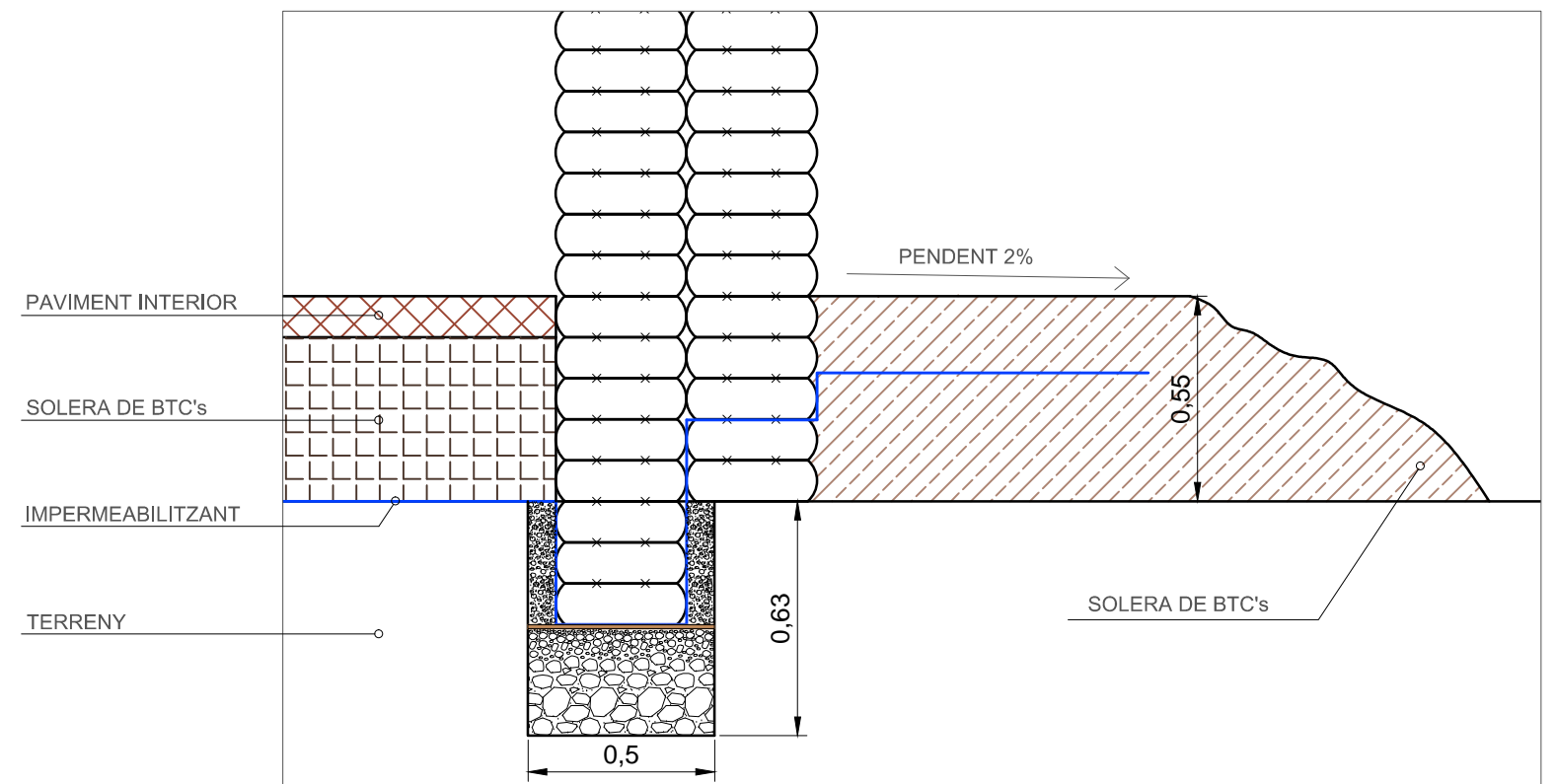
FOTOGRAFIA DEL TRAINING MEDICAL CENTER. LLOC ON VAN SITUATS ELS DOMS

PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	REPLANTEIG		PLÀNOL:  15
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/100	DATA: SETEMBRE 2015	



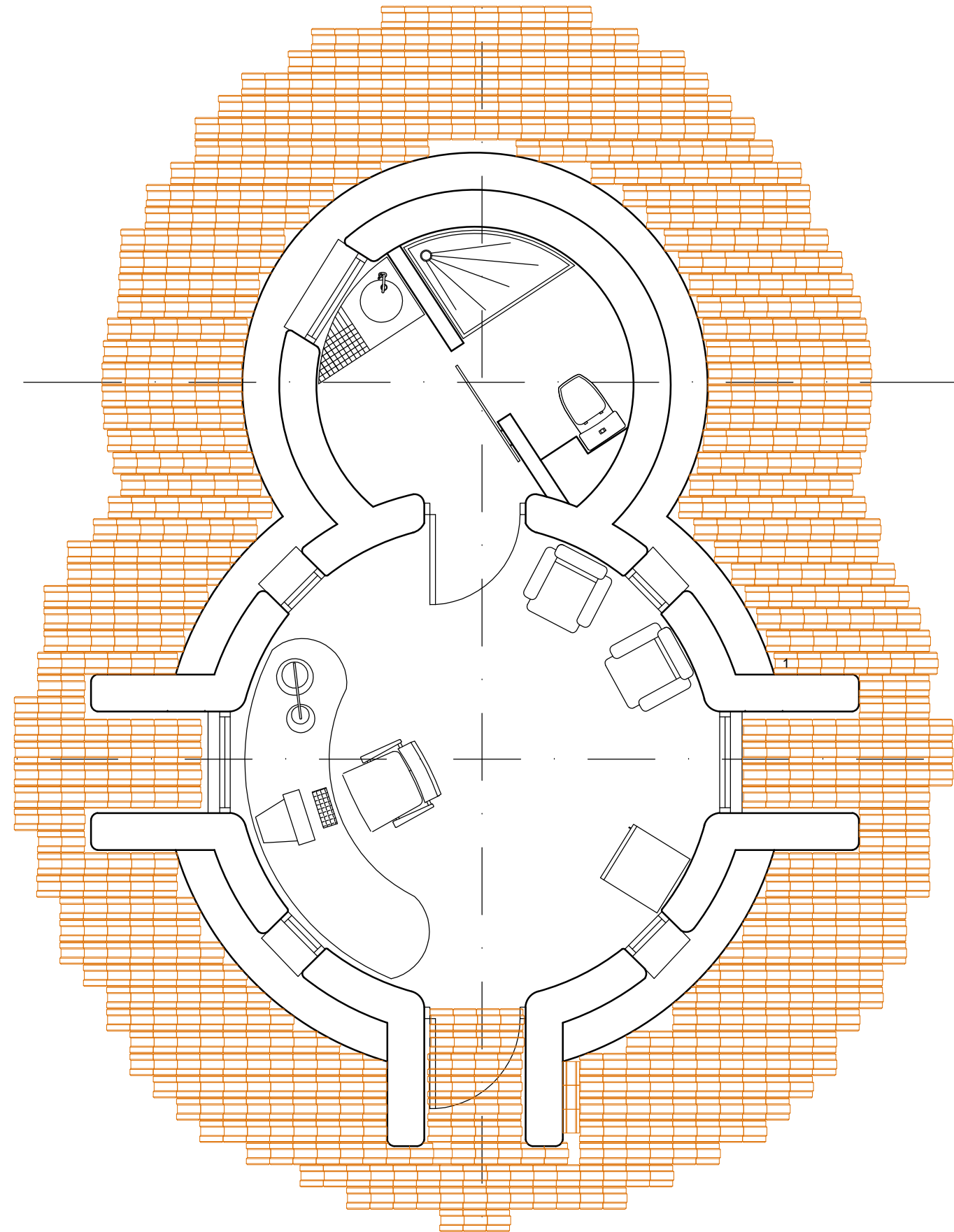


SECCIÓ A-A'. Escala: 1/10

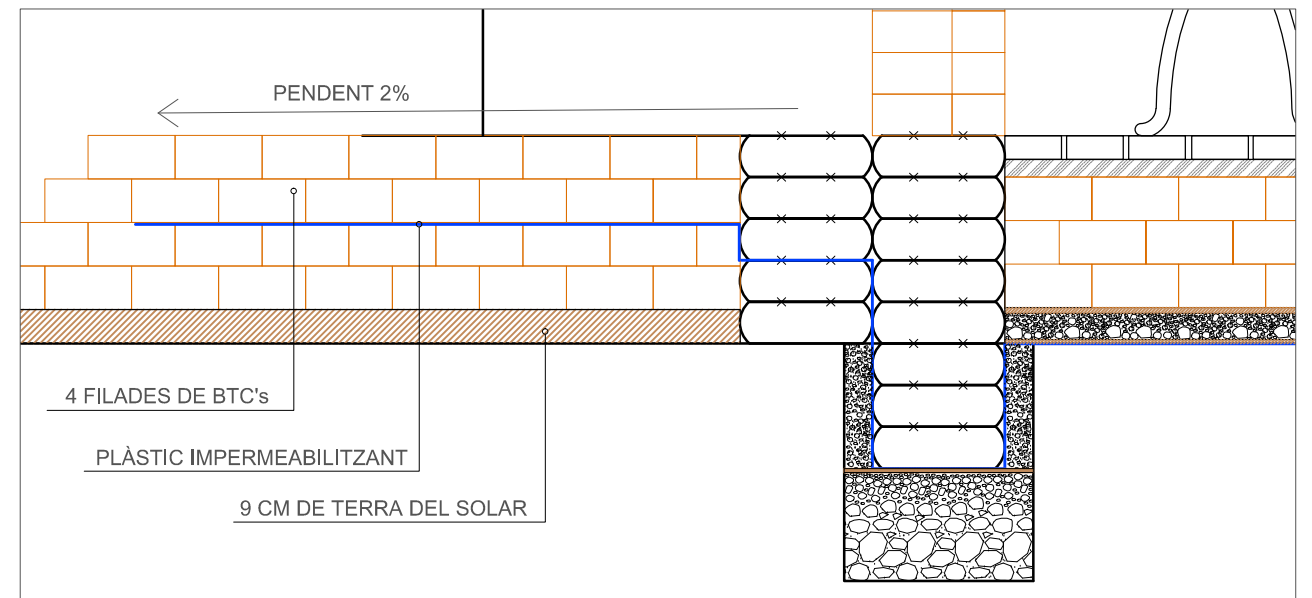


SECCIÓ A-A'. Escala: 1/20

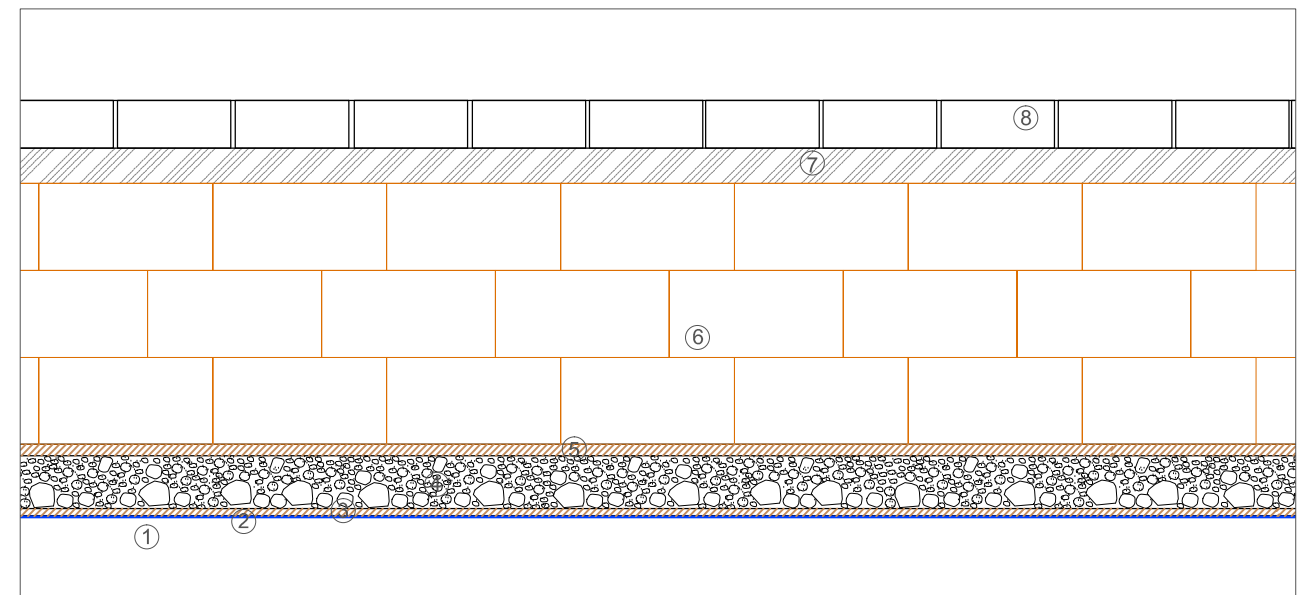




LES CANTONADES BUIDES S'OMPLIRAN AMB RESTES DE BTC O AMB TERRA COMPACTADA, DEGUT A LA FORMA ARRODONIDA DELS DOMS.



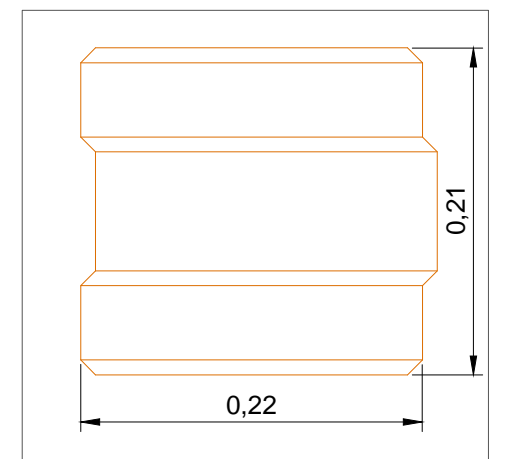
DETALL1. SOLERA EXTERIOR AMB BTC's. Escala: 1/20



DETALL2. SOLERA INTERIOR DEL DOM. Escala: 1/10

#### PARTS DE LA SOLERA INTERIOR:

- ① TERRENY
- ② PLÀSTIC IMPERMEABILITZANT EMBOLICANT TOT EL DOM
- ③ 1 CM DE TERRA PER ANIVELLAR
- ④ 7 CM DE PEDRA "KAYU" PER DRENATGE
- ⑤ 1,5 CM DE SORRA DE REGULARITZACIÓ
- ⑥ 3 FILADES EN BTC's (34,5 CM DE GRUIX)
- ⑦ 4 CM DE MORTER DE CIMENT DE REGULARITZACIÓ
- ⑧ PAVIMENT INTERIOR EN BTC's



BLOC DE TERRA COMPRIMIT, HYDRAFORM

PROJECTE:  
EXECUTIU

AUTOR:  
Eduard Zafra Bosch

TITULACIÓ:  
Grau en Arquitectura Tècnica

HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER



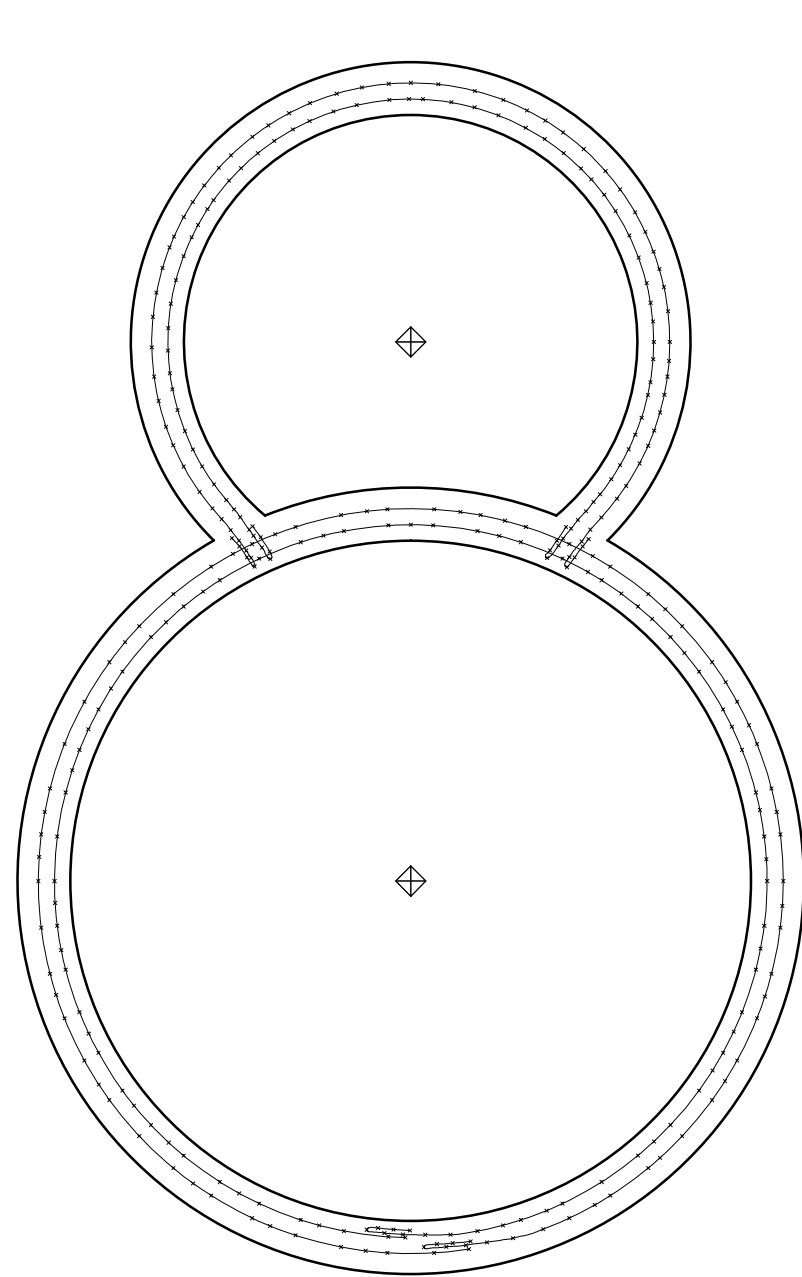
SOLERA EN BLOCS DE TERRA COMPRIMITS

ESCALA: A3- e:1/50

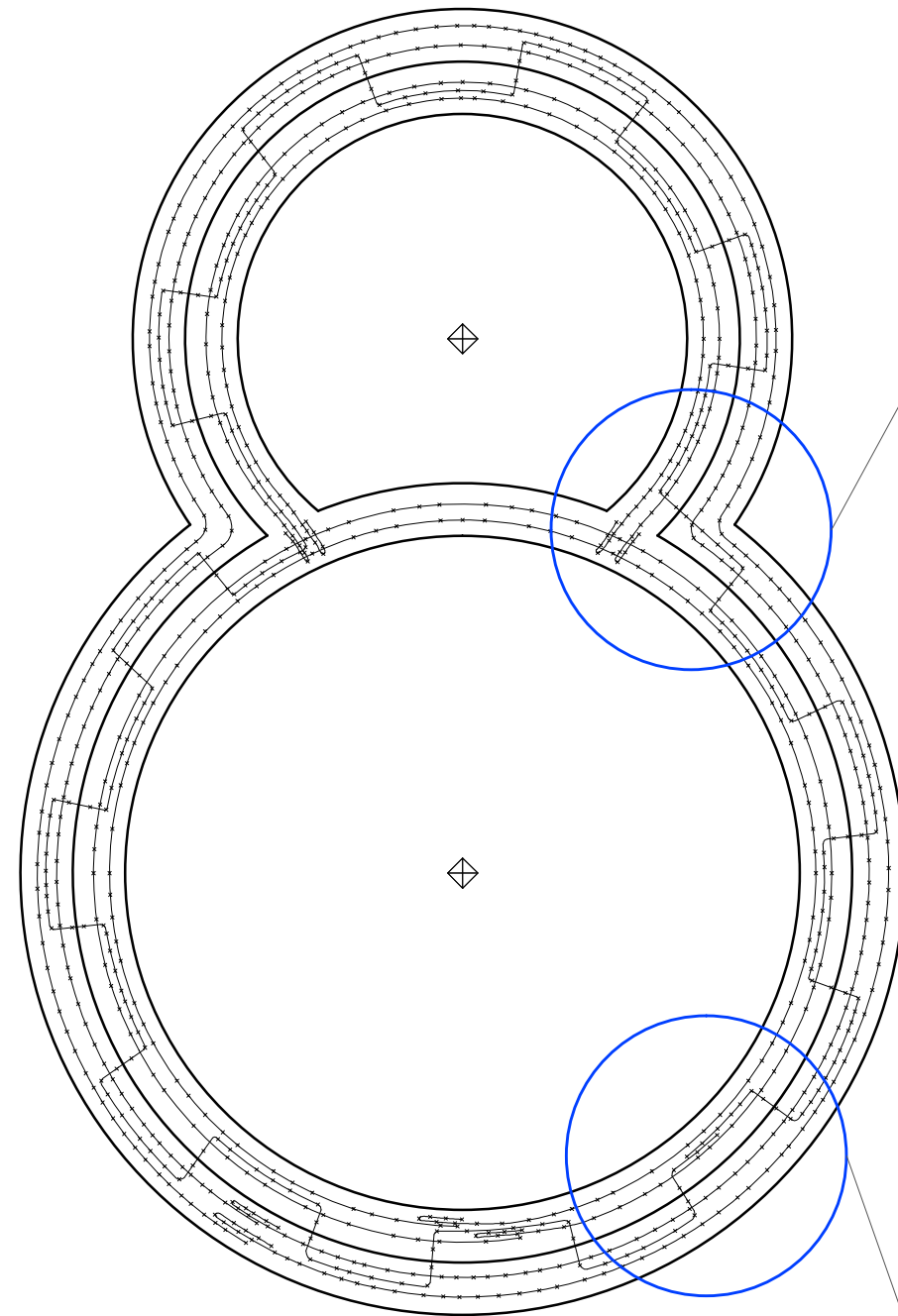
DATA: SETEMBRE 2015

PLÀNOL:  
18

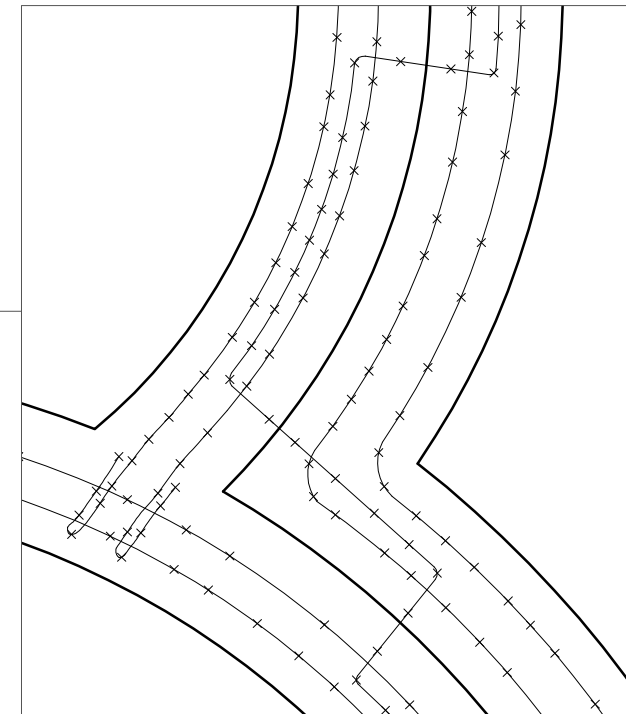




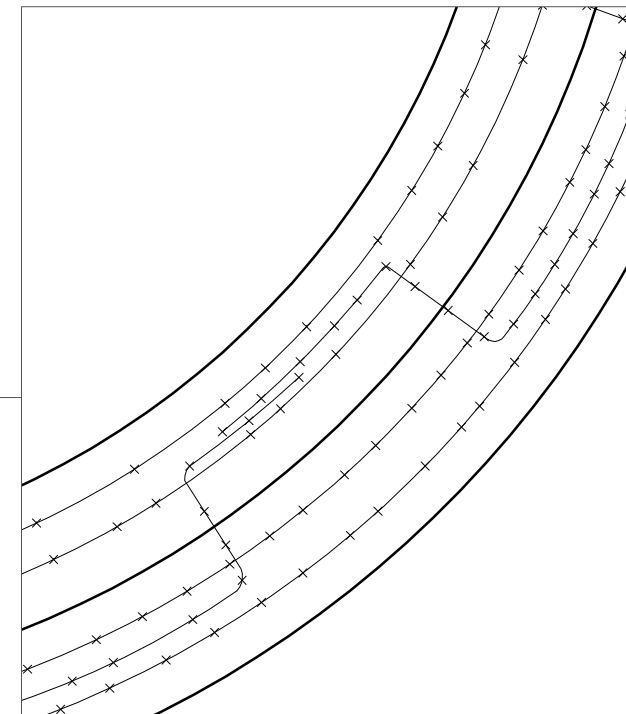
COL·LOCACIÓ DE 2 FILADES DE FILFERRO DE 4 PUES A SOBRE DE CADA MUR.



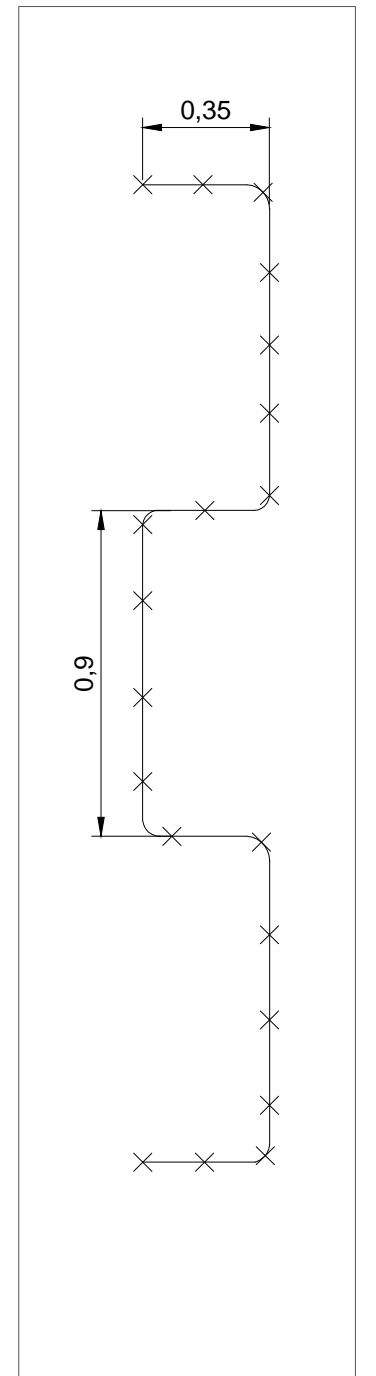
COL·LOCACIÓ DE 2 FILADES DE FILFERRO DE 4 PUES A SOBRE DE CADA MUR I CONTRAFORT.




DETALL 1. Escala: 1/20

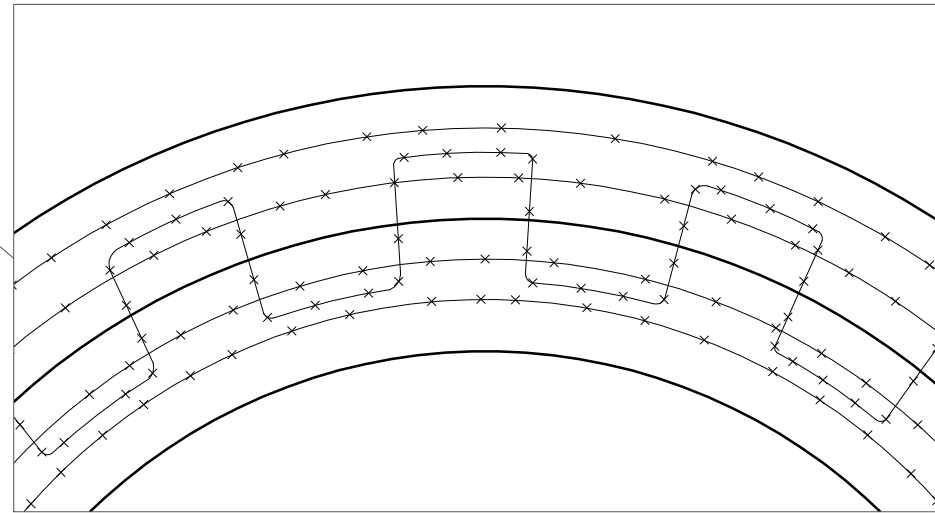
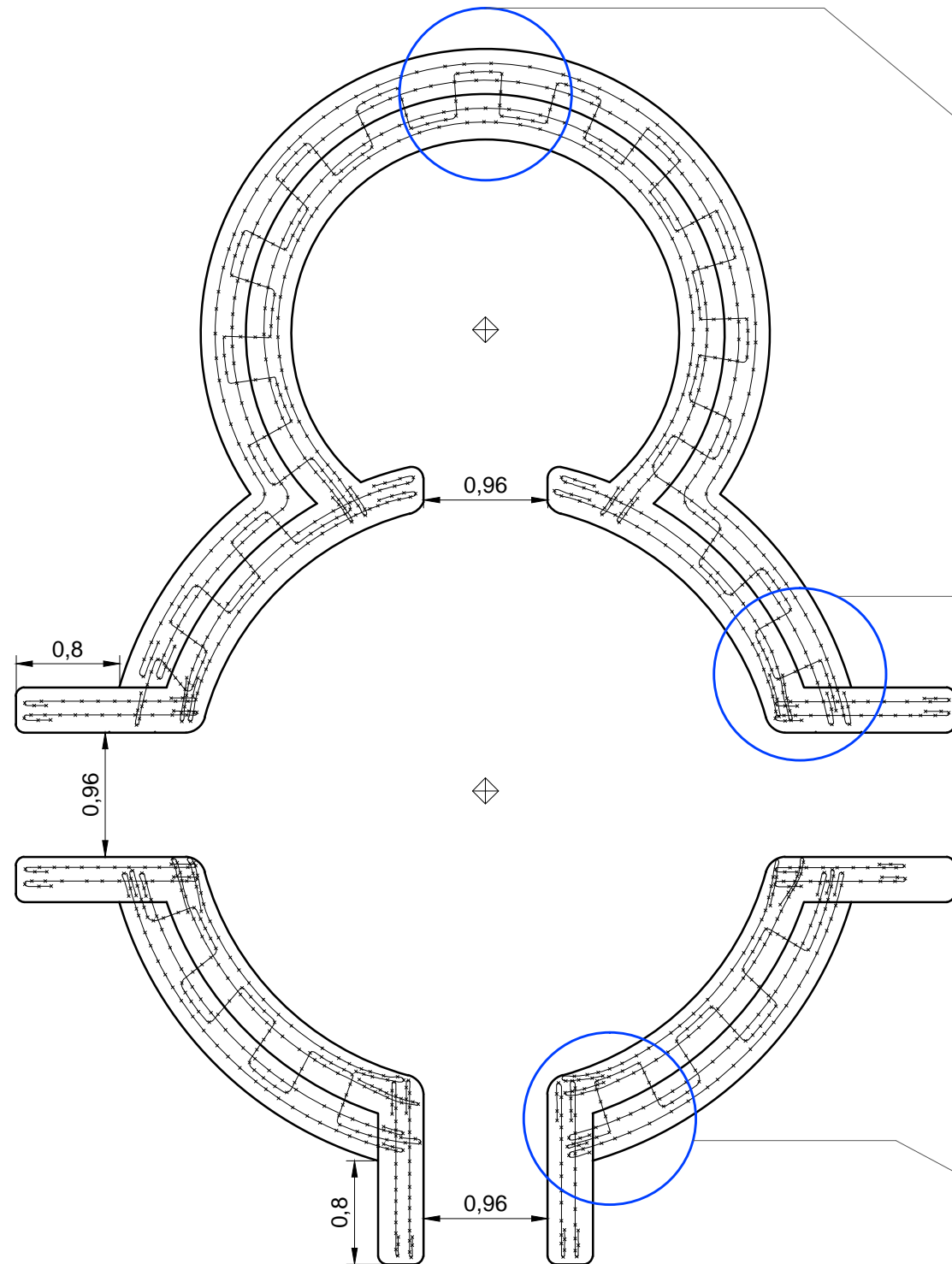


DETALL 2. Escala: 1/20

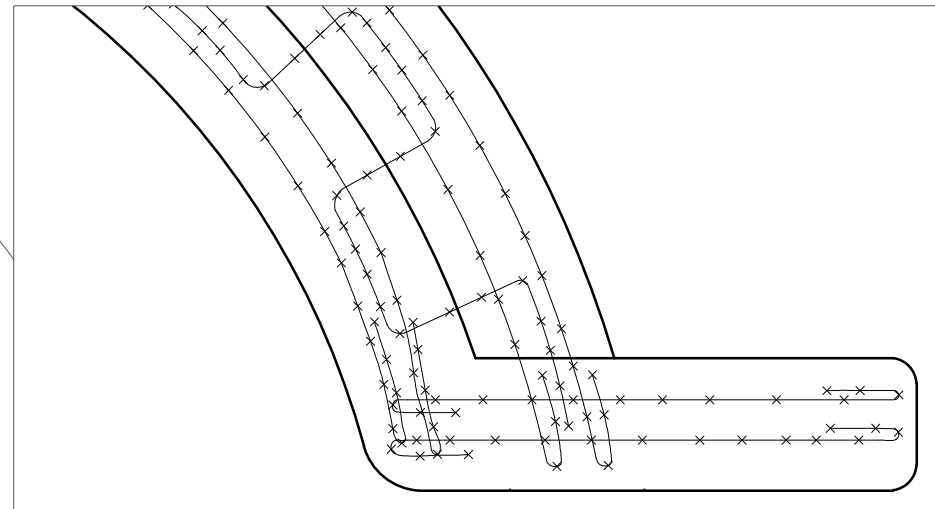


SOLAPAMENT DEL MUR AMB EL CONTRAFORT.

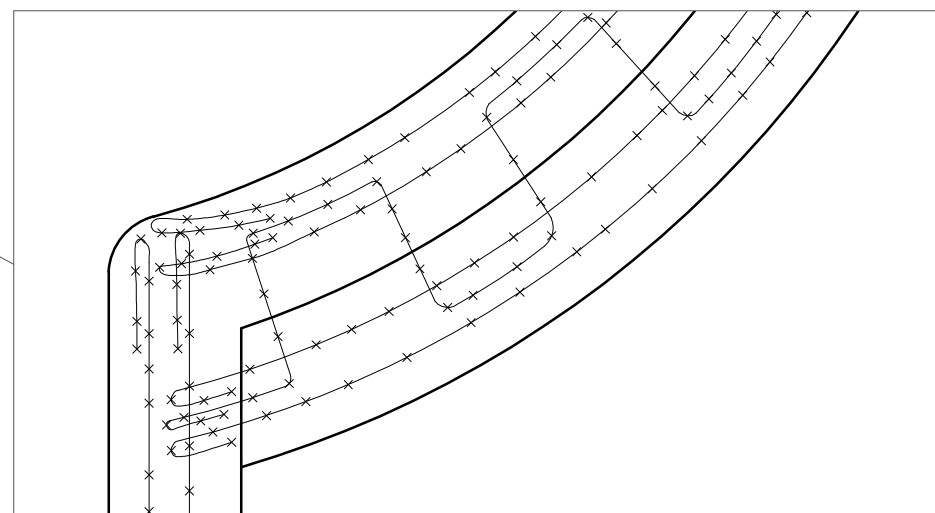
PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	COL·LOCACIÓ DEL FILFERRO DE 4 PUES		PLÀNOL:  19
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/50	DATA: SETEMBRE 2015	



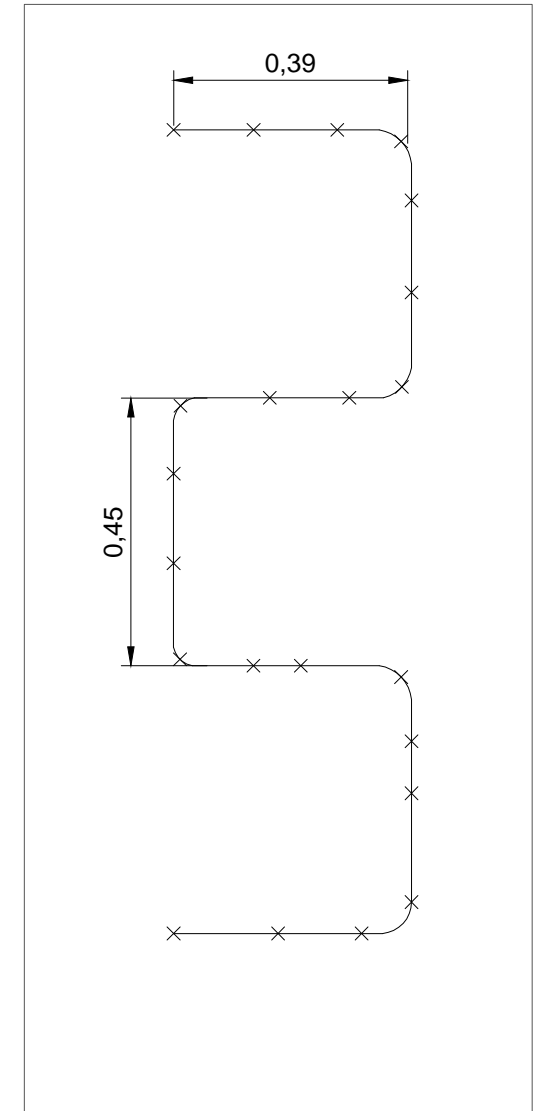
DETALL 1. Escala: 1/20



DETALL 2. Escala: 1/20




DETALL 3. Escala: 1/20

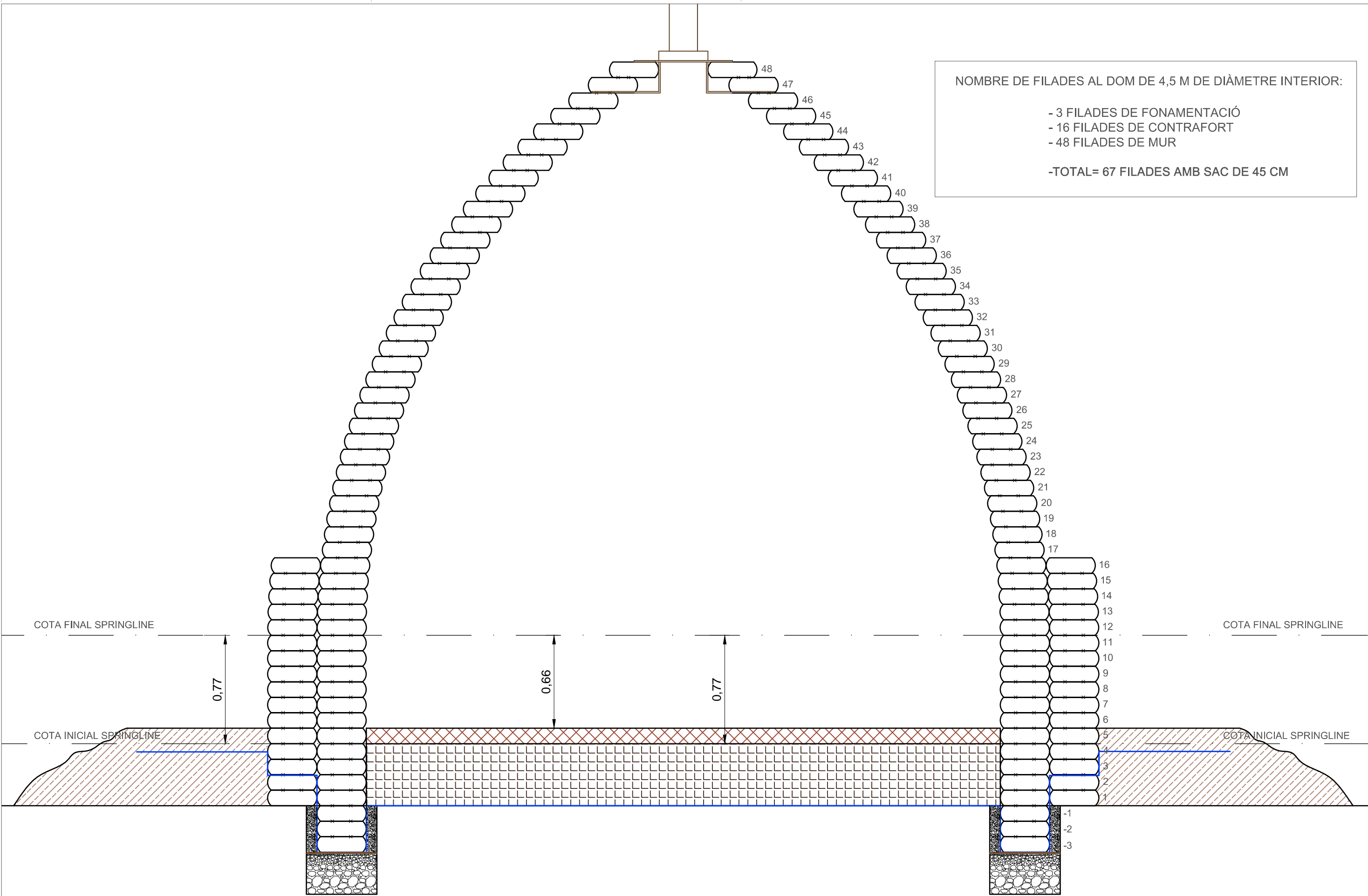



SOLAPAMENT DEL MUR AMB EL CONTRAFORT



FILFERRO DE 4 PUES SUBMINISTRAT AMB ROTLLE

PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	COL·LOCACIÓ DEL FILFERRO DE 4 PUES		PLÀNOL:  20
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/50	DATA: SETEMBRE 2015	

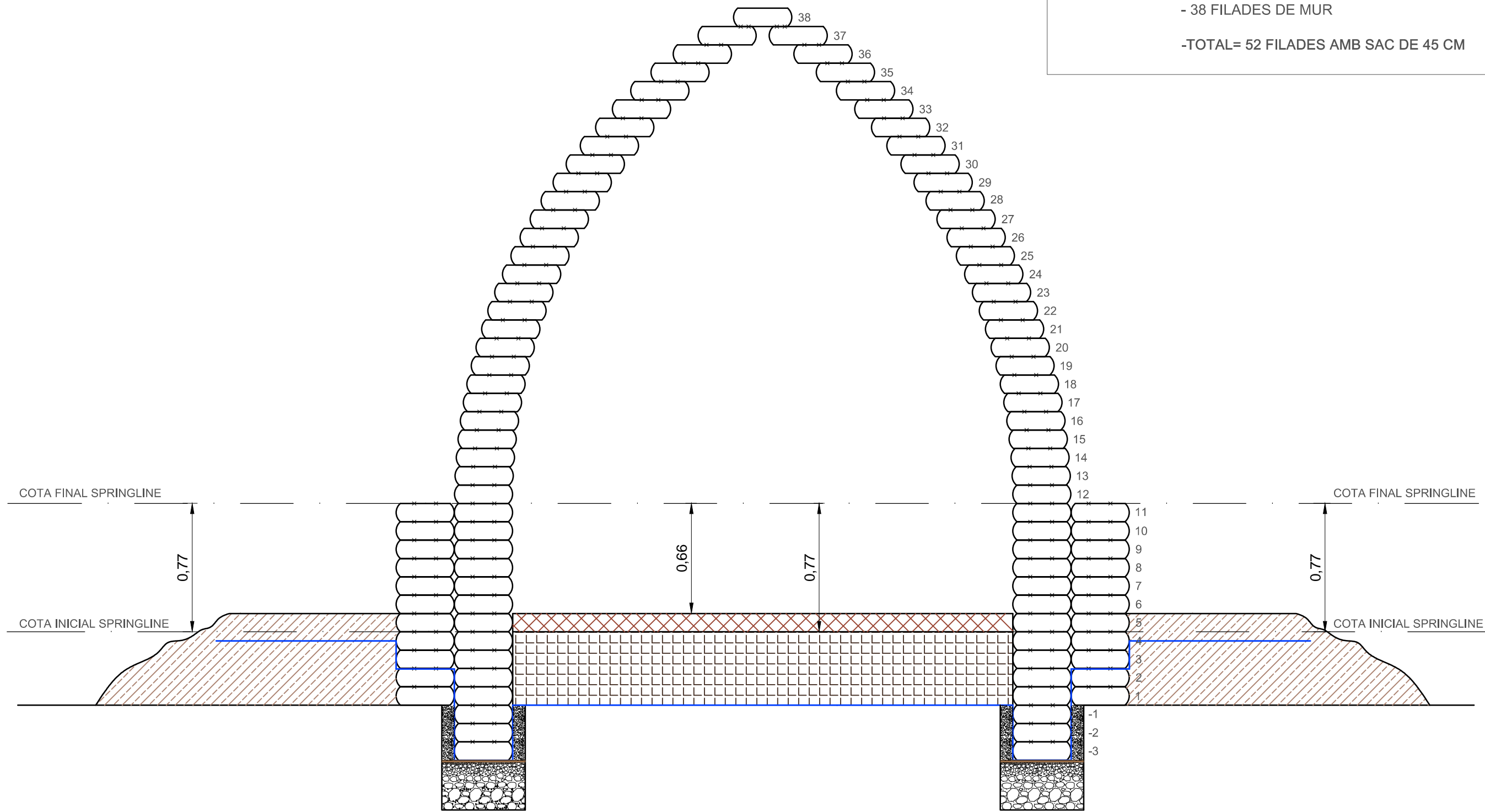


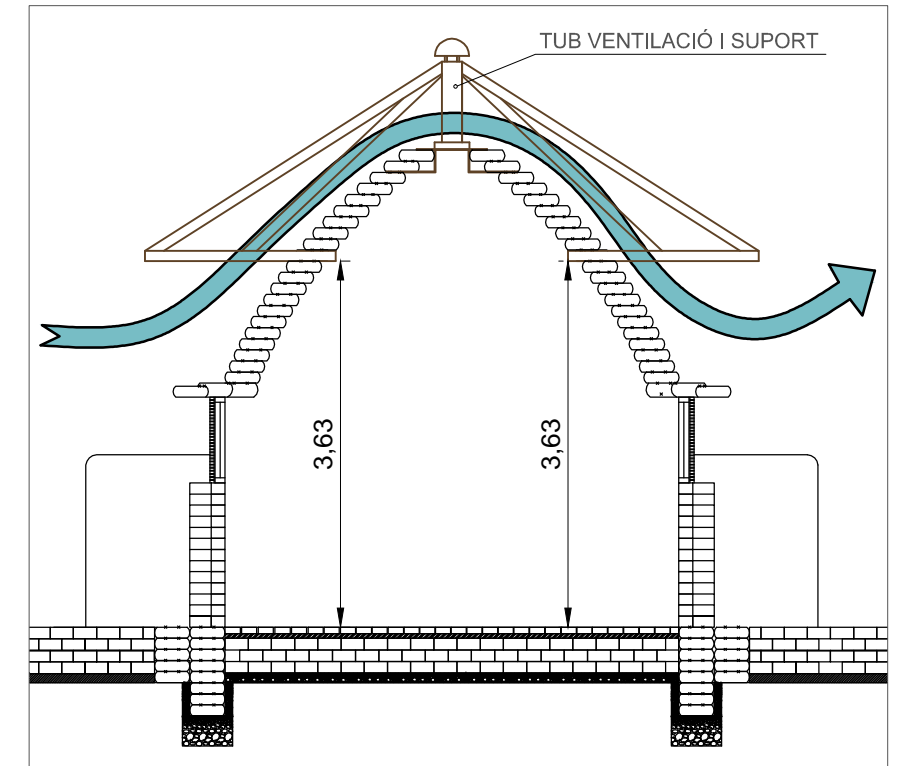
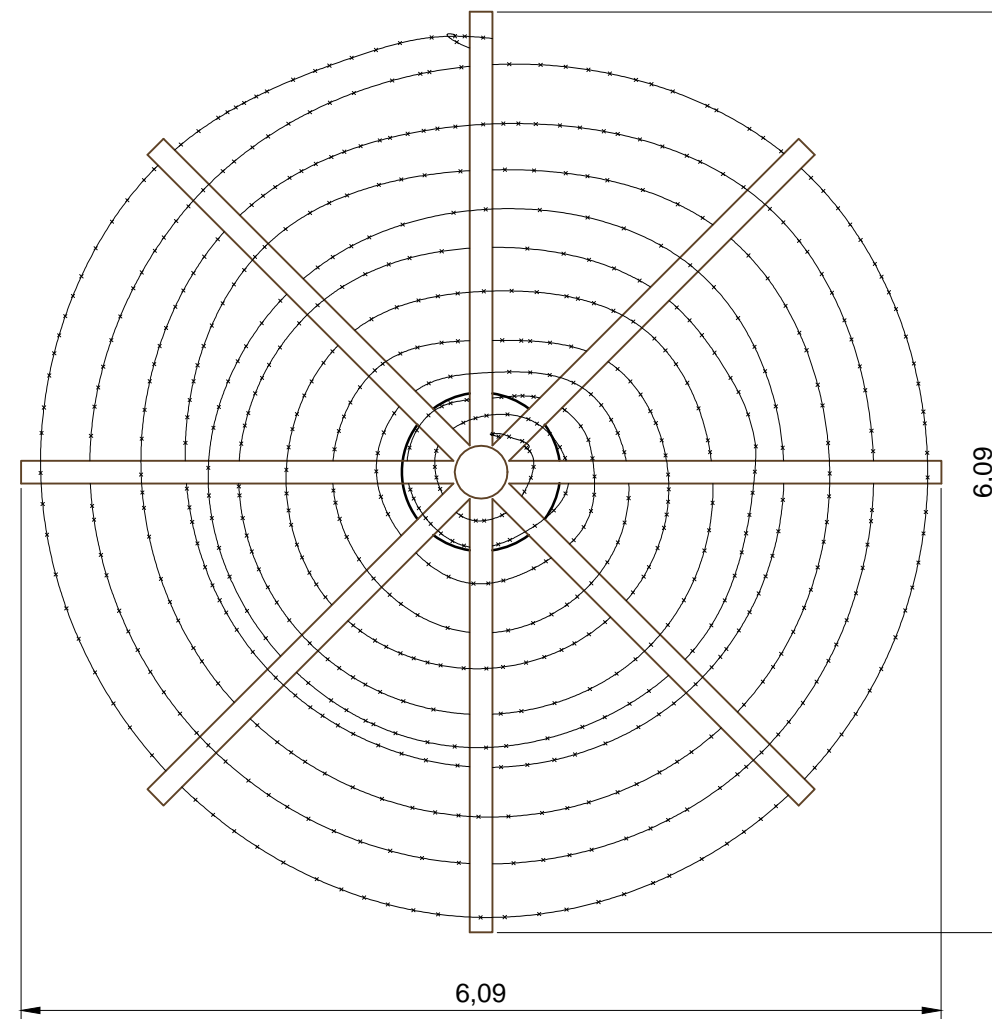
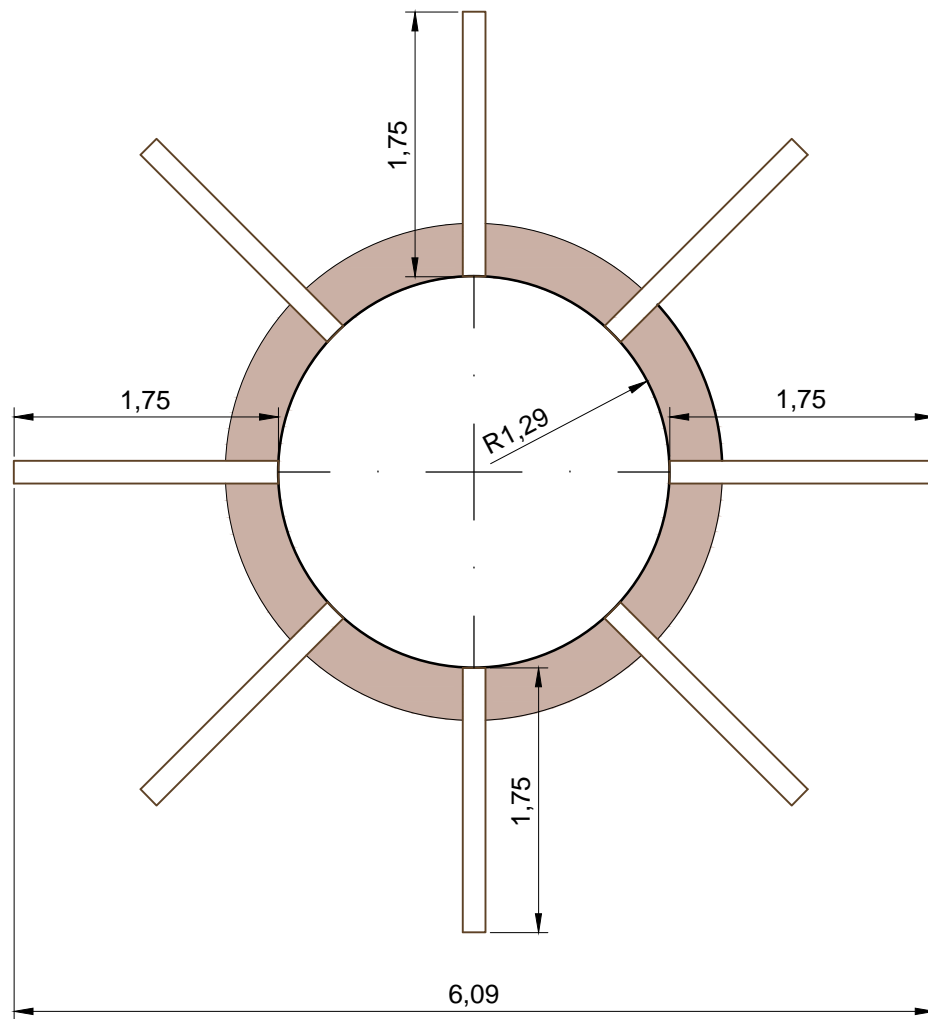
PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	NOMBRE DE FILADES AL DOM DE 4,5 M DE DIÀMETRE INTERIOR		PLÀNOL:  21
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/25	DATA: SETEMBRE 2015	

NOMBRE DE FILADES AL DOM DE 3 M DE DIÀMETRE INTERIOR:

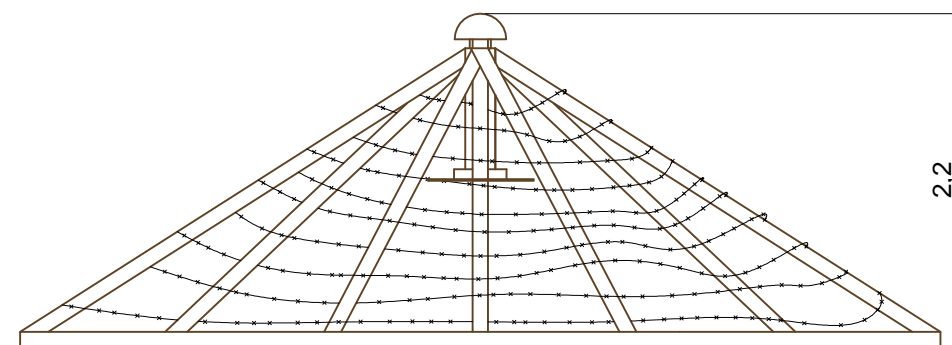
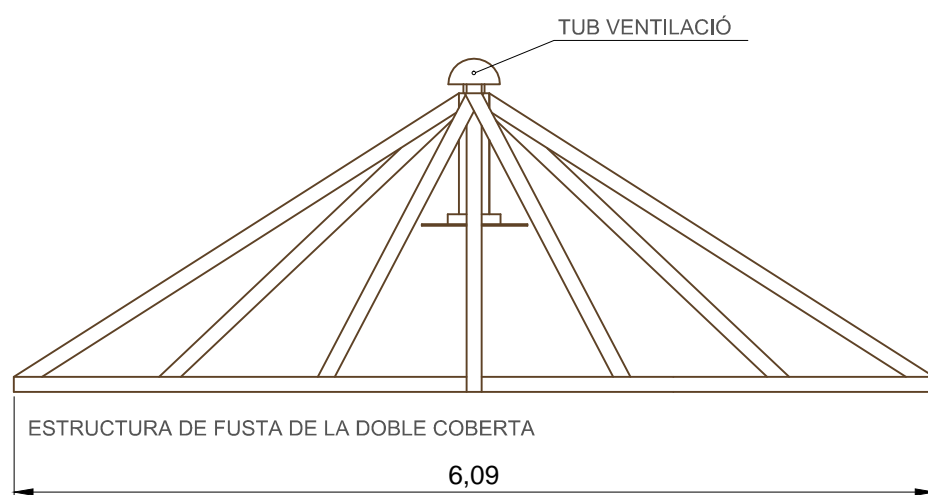
- 3 FILADES DE FONAMENTACIÓ
- 11 FILADES DE CONTRAFORT
- 38 FILADES DE MUR

-TOTAL= 52 FILADES AMB SAC DE 45 CM

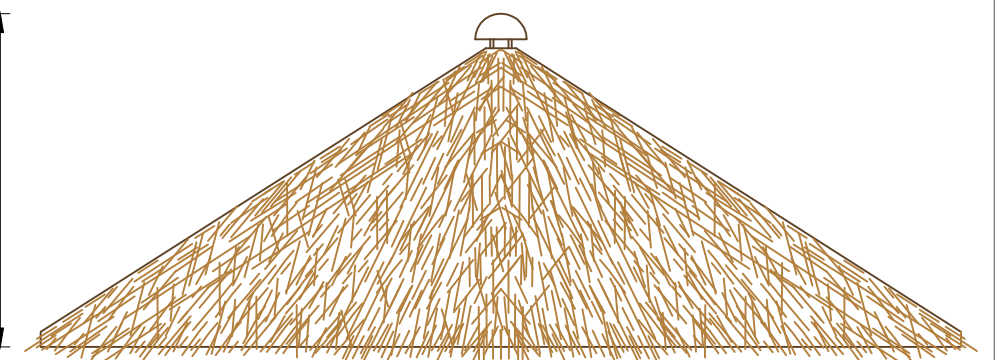





SECCIÓ TRANSVERASAL. Escala: 1/75



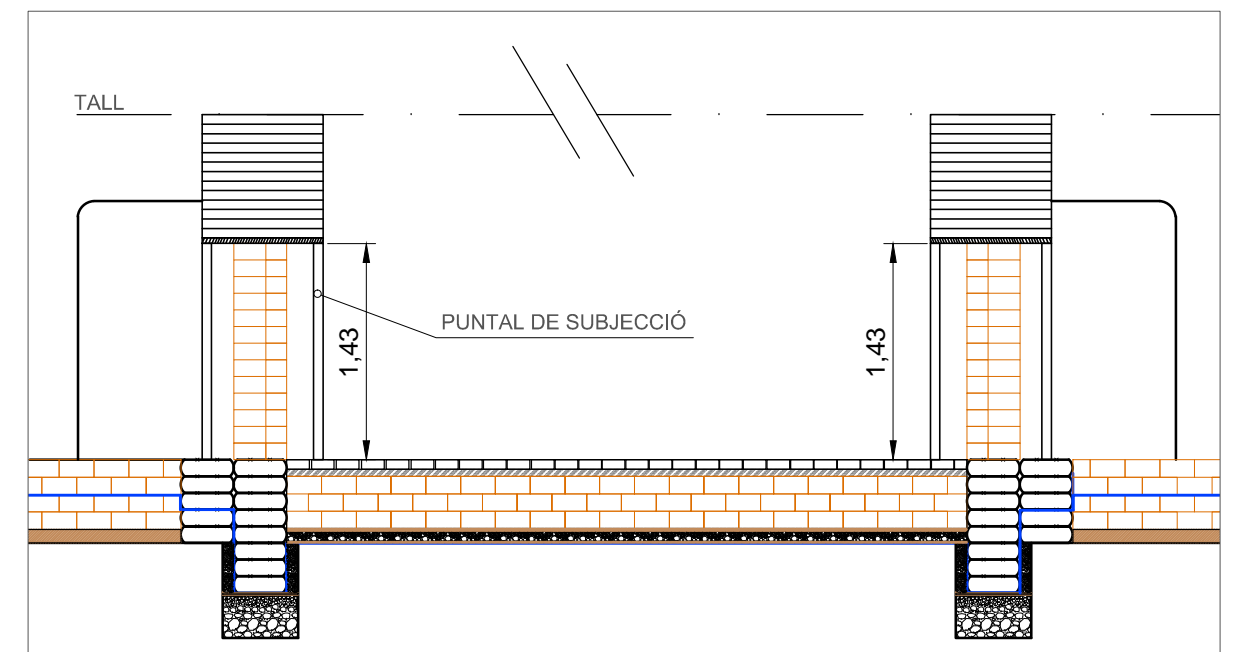
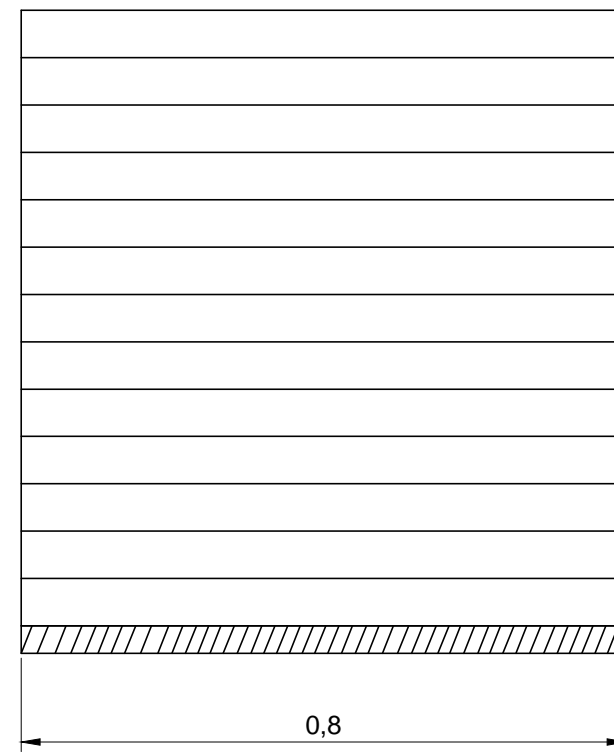
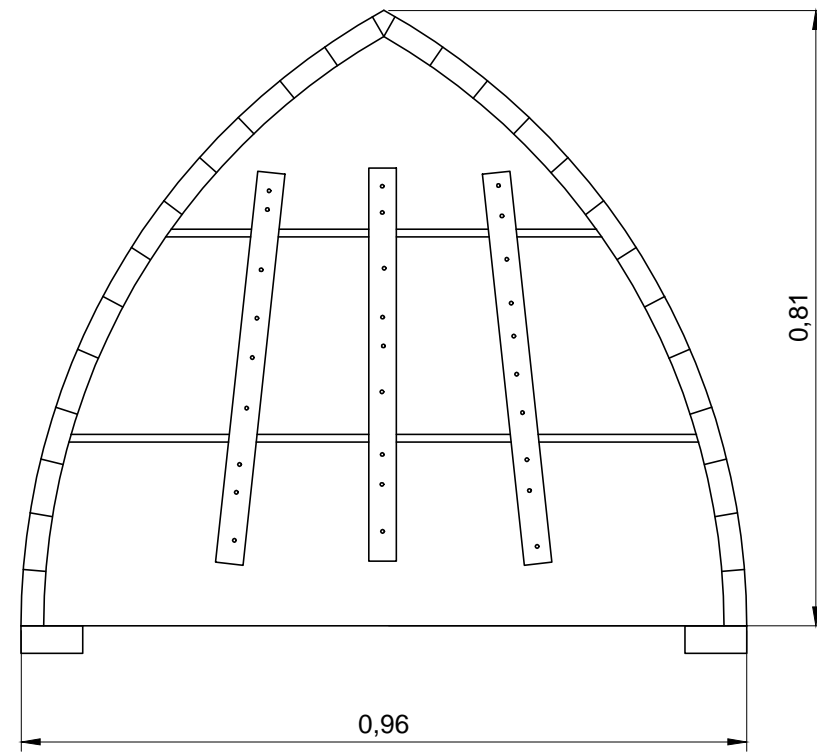
COL·LOCACIÓ DEL FILFERRO DE 4 PUES, LLIGAT AMB LA ESTRUCTURA



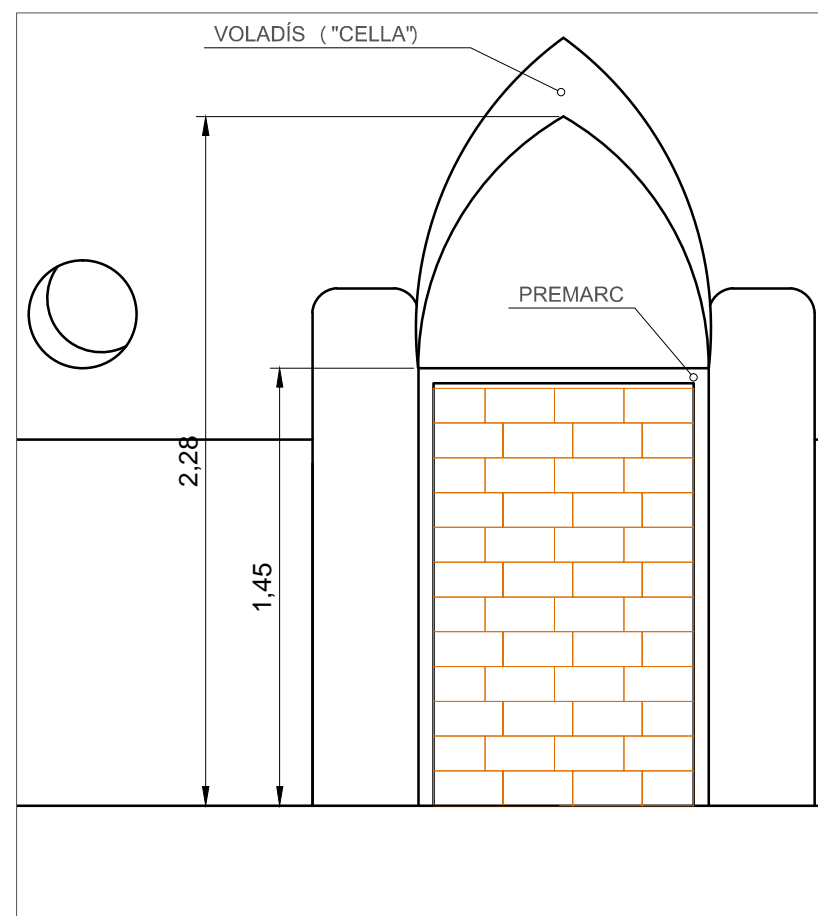
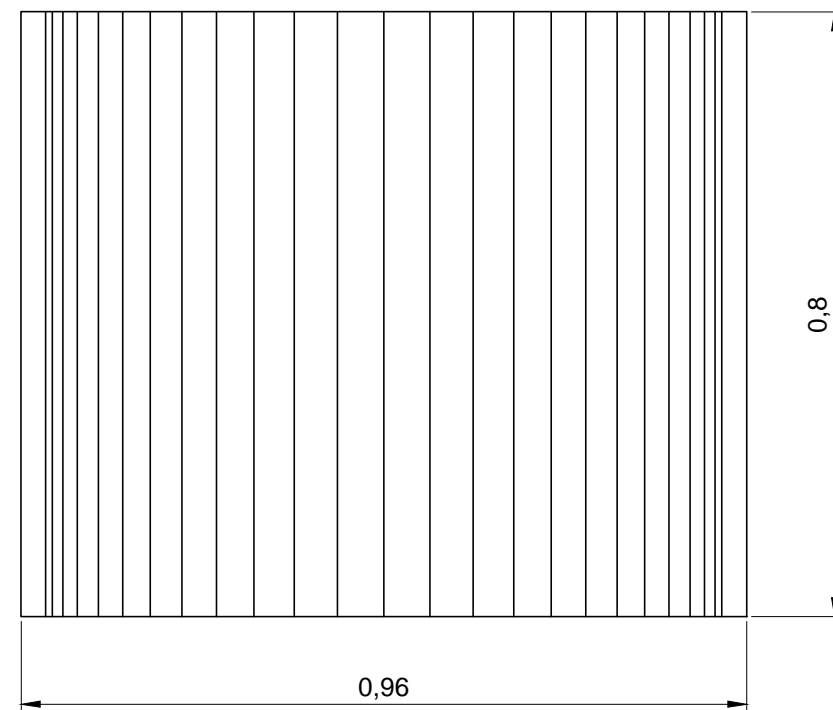
ACABAT DE LA DOBLE COBERTA AMB CANYES

PROJECTE: EXECUTIU	AUTOR: Eduard Zafra Bosch	TITULACIÓ: Grau en Arquitectura Tècnica	 Universitat de Lleida	DOBLE COBERTA DE FUSTA		PLÀNOL:  23
HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER				ESCALA: A3- e:1/50	DATA: SETEMBRE 2015	

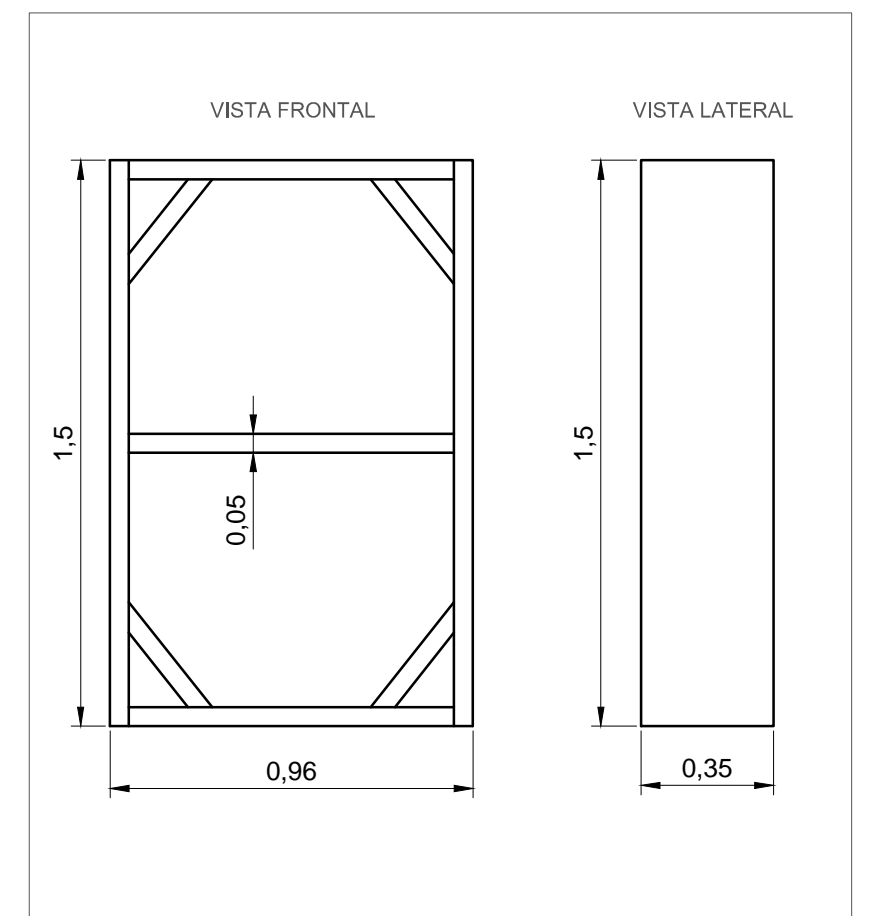




COL·LOCACIÓ DE LES CIMBRES PER L'EXECUCIÓ DE LES FINESTRES LATERALS. Escala: 1/50



EXECUCIÓ DE FINESTRES OGIVALS. Escala: 1/25



PREMARC PER FINESTRES OGIVALS I PORTA D'ENTRADA. Escala: 1/20

PROJECTE:  
EXECUTIU

AUTOR:  
Eduard Zafra Bosch

TITULACIÓ:  
Grau en Arquitectura Tècnica

HABITATGE EARTHBAG A BURKINA FASO. ÀREA RESIDENCIAL DEL TRAINING MEDICAL CENTER



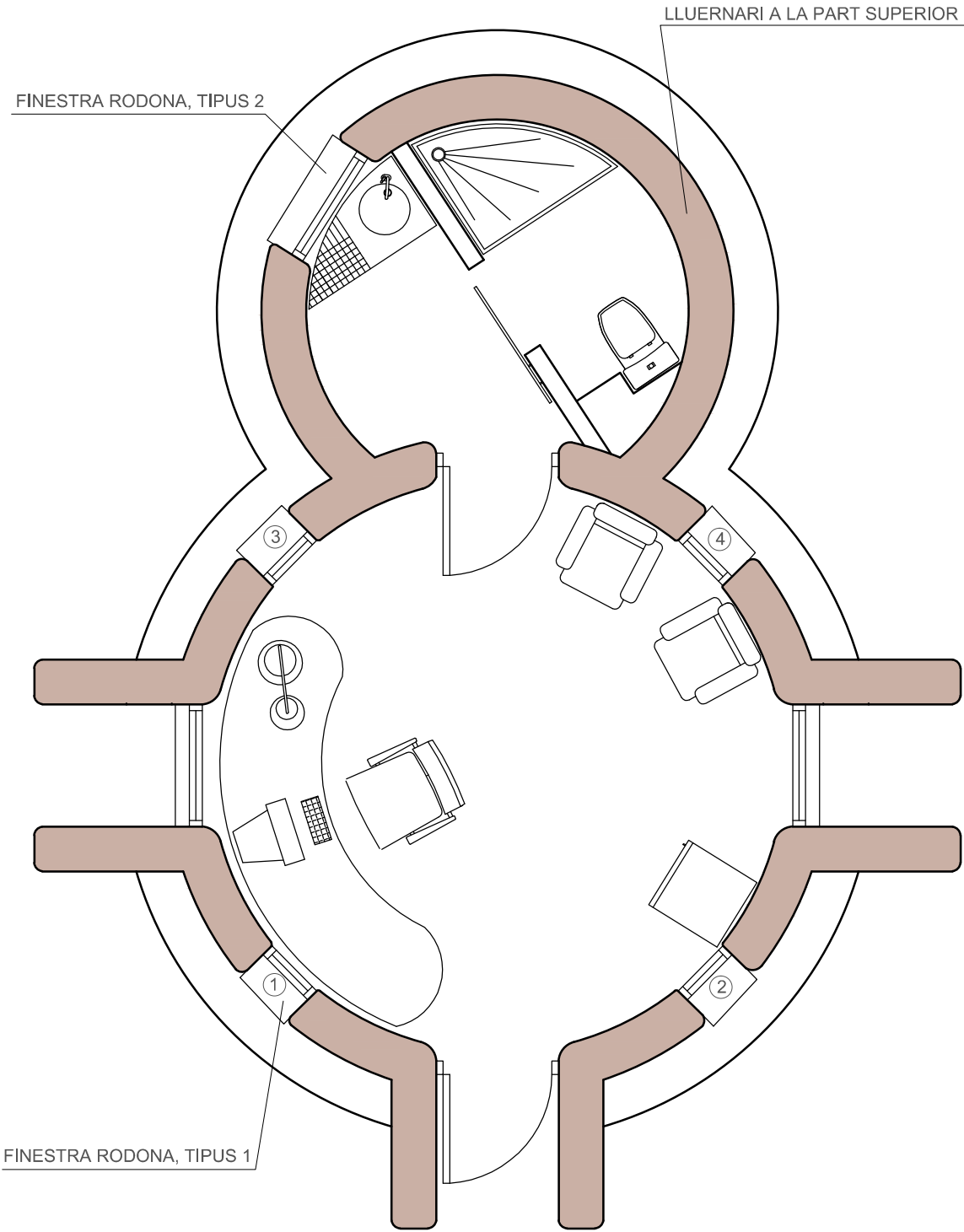
CIMBRES PER LES FINESTRES I LA PORTA D'ENTRADA

ESCALA: A3- e:1/10

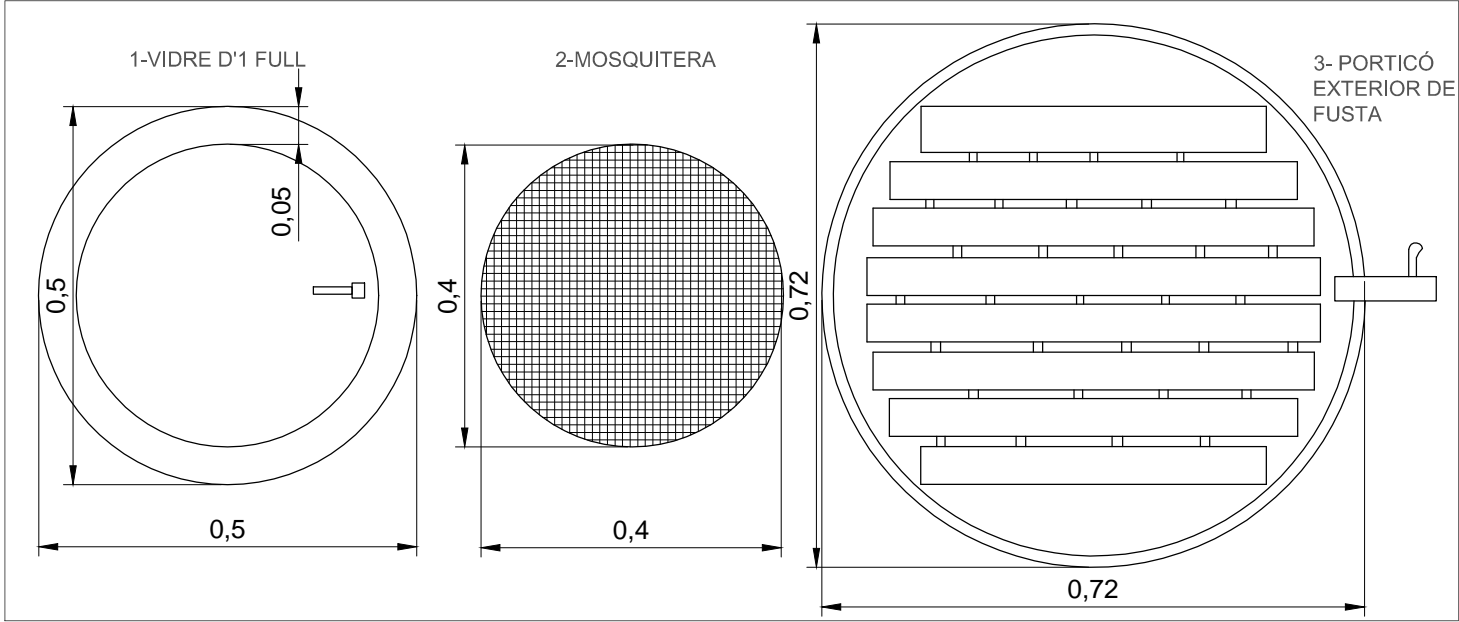
DATA: SETEMBRE 2015

PLÀNOL:

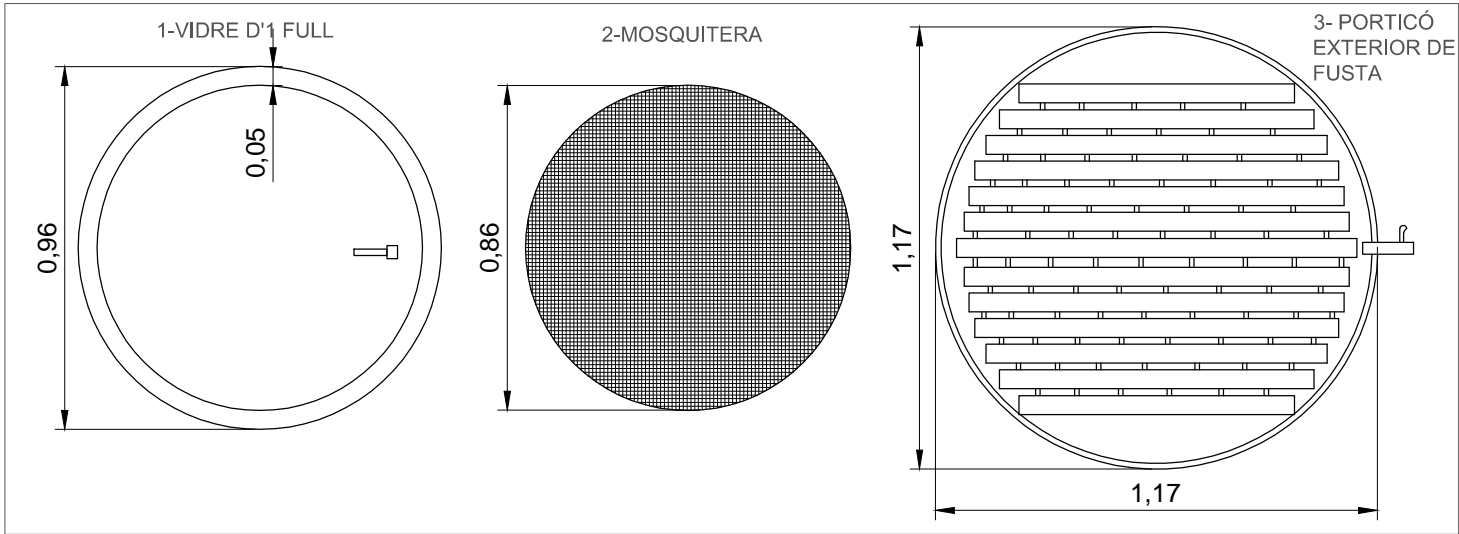
24



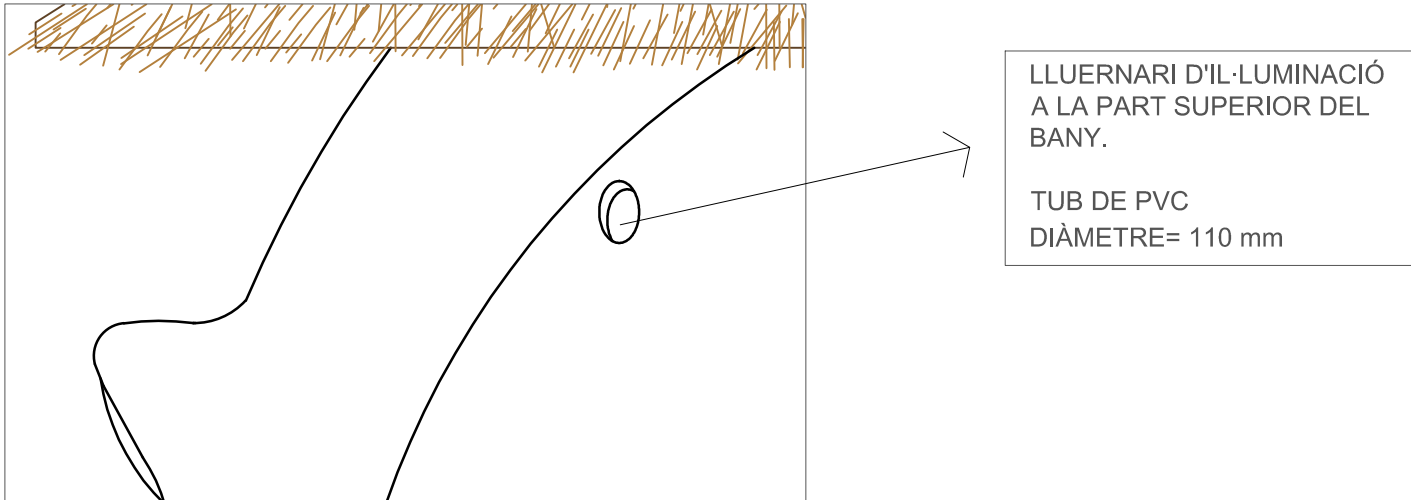
PLANTA DISTRIBUCIÓ. Escala: 1/50



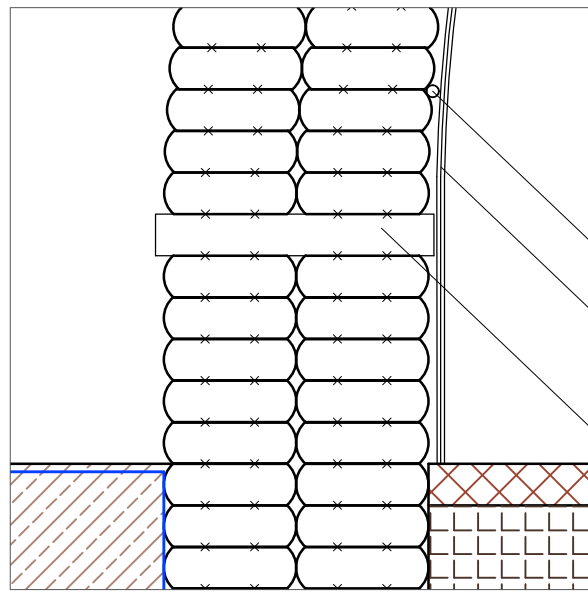
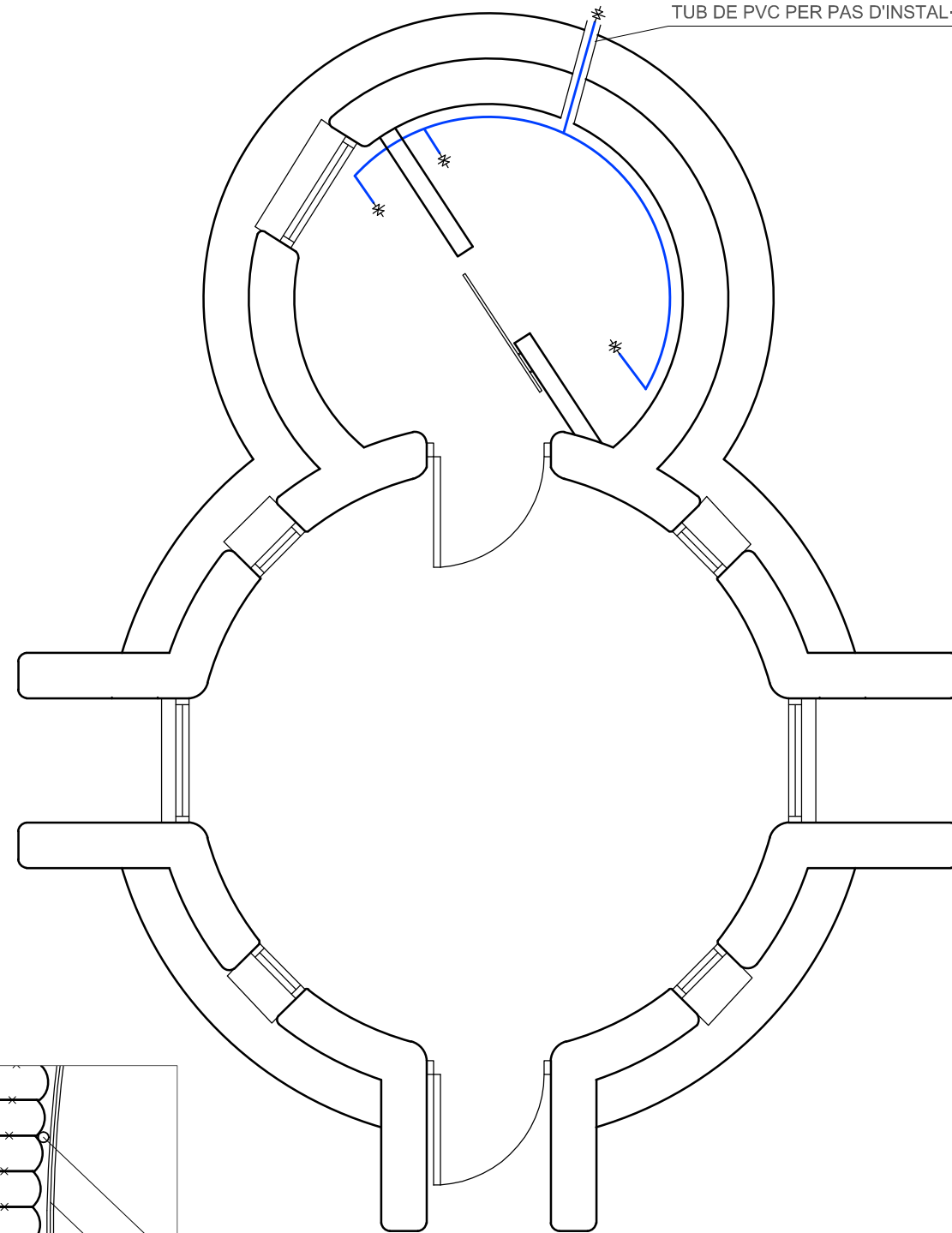
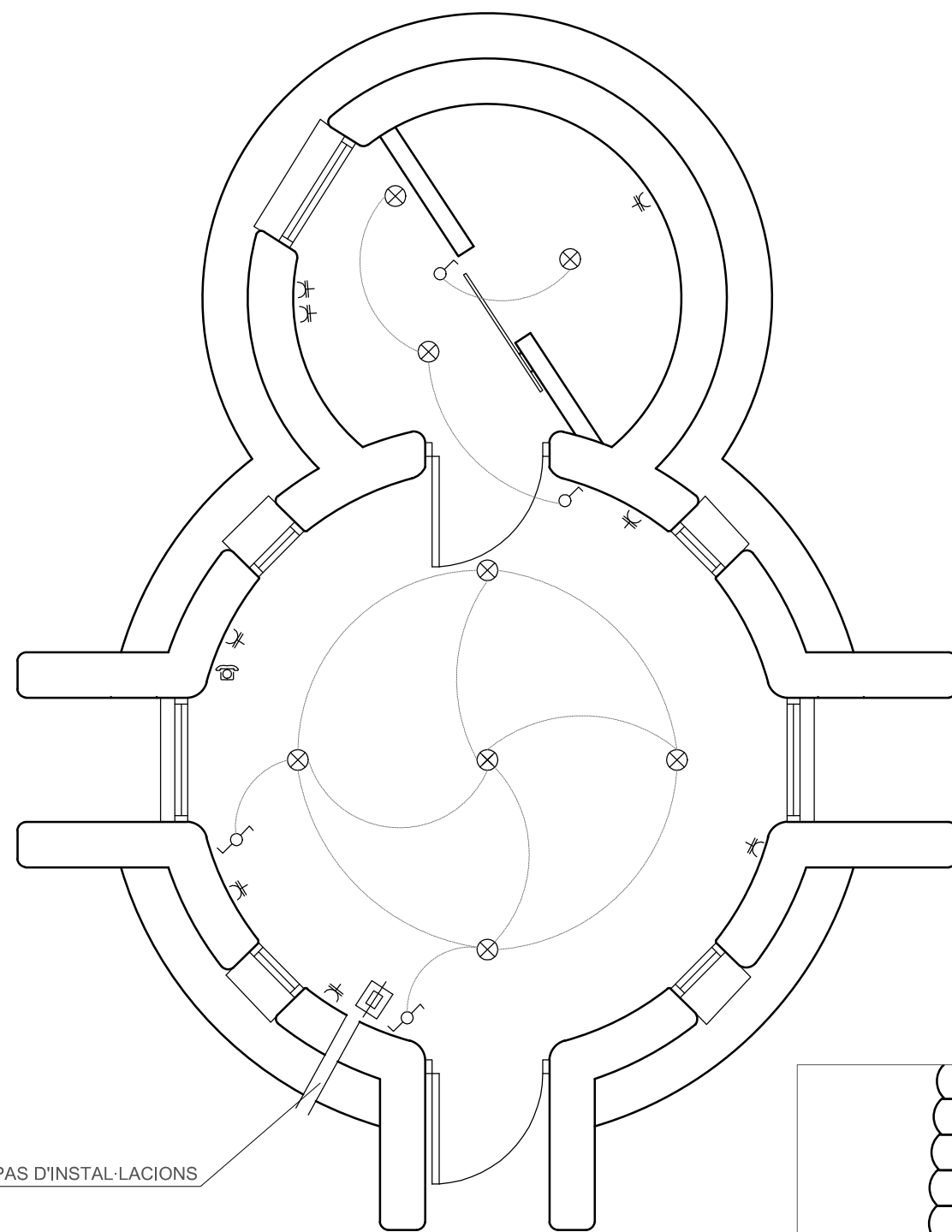
PARTS DE LA FINESTRA RODONA , TIPUS 1. Escala: 1/10 . ( FINESTRA DE 3 FULLS) .



PARTS DE LA FINESTRA RODONA , TIPUS 2. Escala: 1/20. ( FINESTRA DE 3 FULLS) .



LLUERNARI. Escala: 1/20



- ⊗ PUNT DE LLUM
- ⌘ ENDOLL 25A
- ☐ CAIXA GENERAL DE PROTECCIÓ
- ⏻ INTERRUPTOR
- ⏻ CONMUTADOR
- ☎ TOMA TELÈFON

- ⌘ CLAU DE PAS
- AIGUA FREDA